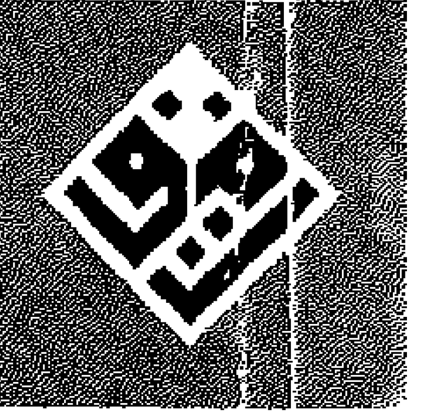




المشروع القومي للترجمة

طبعة منقحة

أقدم لك...
ستيفن هوكينج

< تأليف >

ج.ب. ماك إيفوى

وأوسكار زاريت

< ترجمة >

ممدوح عبد المنعم محمد

< مراجعة وإشراف وتقديم >

إمام عبد الفتاح إمام

402

المشروع القومى للترجمة

أقدم لك ..

ستيفن هوكنج

تأليف

ج. ب. ماك إيفوى

و

أوسكار زاريت

«طبعة منقحة»

ترجمة

ممدوح عبد المنعم محمد

مراجعة وإشراف وتقديم

إمام عبد الفتاح إمام

المجلس الأعلى للثقافة

٢٠٠٣

المشروع القومى للترجمة
إشراف: جابر عصفور

- العدد: ٤٠٢
- ستيفن هوكنج
- ج. ب. ماك إيفوى
أوسكار زاريت
- ممدوح عبد العليم
- إمام عبد الفتاح إمام
- الطبعة الأولى: ٢٠٠٣

هذه ترجمة لكتاب:

Stephen
Hawking
J. P. Mc Evoy
and Oscar Zarate

الصادر عن دار:
ICON BOOKS (2001)

شارع الجبلاية بالأوبرا - الجزيرة - القاهرة ت: ٧٣٥٢٣٩٦ فاكس: ٧٣٥٨٠٨٤
El Gabalaya St. Opera House, El Gezira, Cairo
Tel : 7352396 Fax : 7358084

تهدف إصدارات المشروع القومى للترجمة إلى تقديم كافة الاتجاهات والمذاهب الفكرية للقارئ العربى وتعريفه بها ، والأفكار التى تتضمنها هى اجتهادات أصحابها فى ثقافاتهم المختلفة ولا تعبر بالضرورة عن رأى المجلس الأعلى للثقافة .

"كلمة اعتذار"

أشعر أن من واجبى أن أتقدم إلى قراء هذه السلسلة بالاعتذار عن الأخطاء الكثيرة التى وقعت فى بعض الأعداد، نتيجة للسرعة أحيانًا، أو عدم الدقة فى المراجعة أحيانًا أخرى، أو التهاون فى تصحيح جميع الأخطاء أحيانًا ثالثة ...

ولقد حاولنا فى هذه الطبعة المنقحة أن نتلافى ما قد حدث من ناحية، وأن نعتذر عنه من ناحية أخرى ...

فأرجو من كل قارئ عانى من هذه الأخطاء أن يعتبر هذه الكلمة اعتذارًا خاصًا منى إليه ..

المشرف على سلسلة " أقدم لك ... "

إمام عبد الفتاح إمام

مقدمة

بقلم المراجع

أقدم لك .. هذا الكتاب ... !

هذا هو الكتاب الثانى عشر من سلسلة «أقدم لك ... » عن عالم الفيزياء النظرية البريطانى «ستيفن وليم هوكنج» (١٩٤٢ ـ .....) الذى يُعد معجزة بجميع المقاييس فهو معجزة بشرية : عبقرية علمية تجلس على كرسى متحرك؛ رجل مقعد يصعب عليه الكلام أو الكتابة، لكنه تغلب على ذلك كله بعبقريته ليصبح معجزة فى ميدان الفيزياء، يقارنون بينه وبين «نيوتن» من ناحية و«أينشتين» من ناحية أخرى.

يتابع «هوكنج» : نظرية أينشتين فى النسبية العامة ـ لا سيما فى مجال الجاذبية ـ بعد أن انتقل عام ١٩٦٢ من جامعة أكسفورد إلى جامعة كمبردج ليتابع أبحاثه فى هذا الميدان. وتؤدى هذه الدراسة إلى البحث فى نظرية الكم المتعلقة بالجاذبية، وذلك فى محاولة لتفسير موضوعين مهمين :

الأول : ما يسمى بالانفجار العظيم ، الذى بدأ منه الكون.

الثانى : «الثقوب السوداء». بالإضافة إلى تفسير التفردات (وأحيانًا تسمى بالأمور «الشاذة») التى لم تفسرها نظرية النسبية الكلاسية تفسيراً كافيًا.

ويقدم «هوكنج»، فى كتابه «تاريخ موجز للزمان» عام ١٩٨٨ تفسيراً شعبيًا مبسطًا للكسمولوجيا، ولهذا السبب يصبح من أكثر الكتب رواجًا فى العالم ... ولقد نجح فى أن يبيّن لنا أن أية نظرية فى كسمولوجيا النسبية العامة لابد أن تكون «متفردة»؛ فالتفرد فى عالمنا هو «الانفجار العظيم» الذى يبدأ منه الكون. وهى نظرية أصبحت مقبولة الآن. أما الجوانب المهمة فى بحوث «هوكنج» الأخيرة فقد تركزت حول النظرية النسبية العامة فى مجال الثقوب السوداء.

كما يحاول هذا العبقرى الفذ تقديم مركب شامل يجمع بين رياضيات الكم والنظرية

النسبيـة وذلك مع بداية نشره لكتاب « البنيـة العريضة للـزمكـان Space-Time» عـام ۱۹۷۳ بالاشتراك مع ج.ف. إليس G.F. Ellis.

ولقد تمّ تعـيين هوكنج أستـاذًا للفيزياء فى جـامعة كمـبردج عام ۱۹۷۷ تقـديرًا لهذا الرجل العملاق من زاويتى عبقريته العلمية وعجزه البشرى !

أما مؤلف الـكتاب فهو ج. ب ماك إيفـوى الذى نال درجة الدكتوراه فى الفـيزياء من جامـعة لندن عـام ١٩٦٨ . وظل ما يقـرب من خمس وعـشرين سنة يعـمل ويدرس فى ميدان البحوث الفيزيائية فى جامعة كلارك ، والمدرسة الأمريكية فى لندن، ونشر أكثر من خمسـين بحثًا. ثم عمل بعـد ذلك فى ميدان تبسـيط العلم فى الصحافة وأجـهزة الإعلام المختلفة لا سـيما البرامج التـعليمية فى التليـفزيون. ومن هنا كانت لديه خبـرة واسعة فى تبسيط وتوضيح المصطلحات العلمية على نحو ما يتضح فى كتابنا الحالى.

أما الفنان أوسكار زاريت الذى قام بتصـميم الرسوم التوضيحية، فـقد سبق أن شارك فى إعداد كتـب كثيرة من هذه السلسلة، صـدر منها بالفعل كتـاب «الذهن والمخ» (العدد ۳۰۹ من المشـروع القومى للتـرجمة)،كـما شـارك فى إعداد كـتب أخرى مثـل : فرويد، وكلاين، وماكيافللى، ولينين ... إلخ، وهى كتب نرجو أن تصدر تباعاً فى هذه السلسلة.

وبعد ...

فإنا لنأمل أن نكون بترجمتنا لهذا الكتاب قـد أضفنا جديدًا إلى المكتبة العربية ، ضمن المشروع القومى للترجمة.

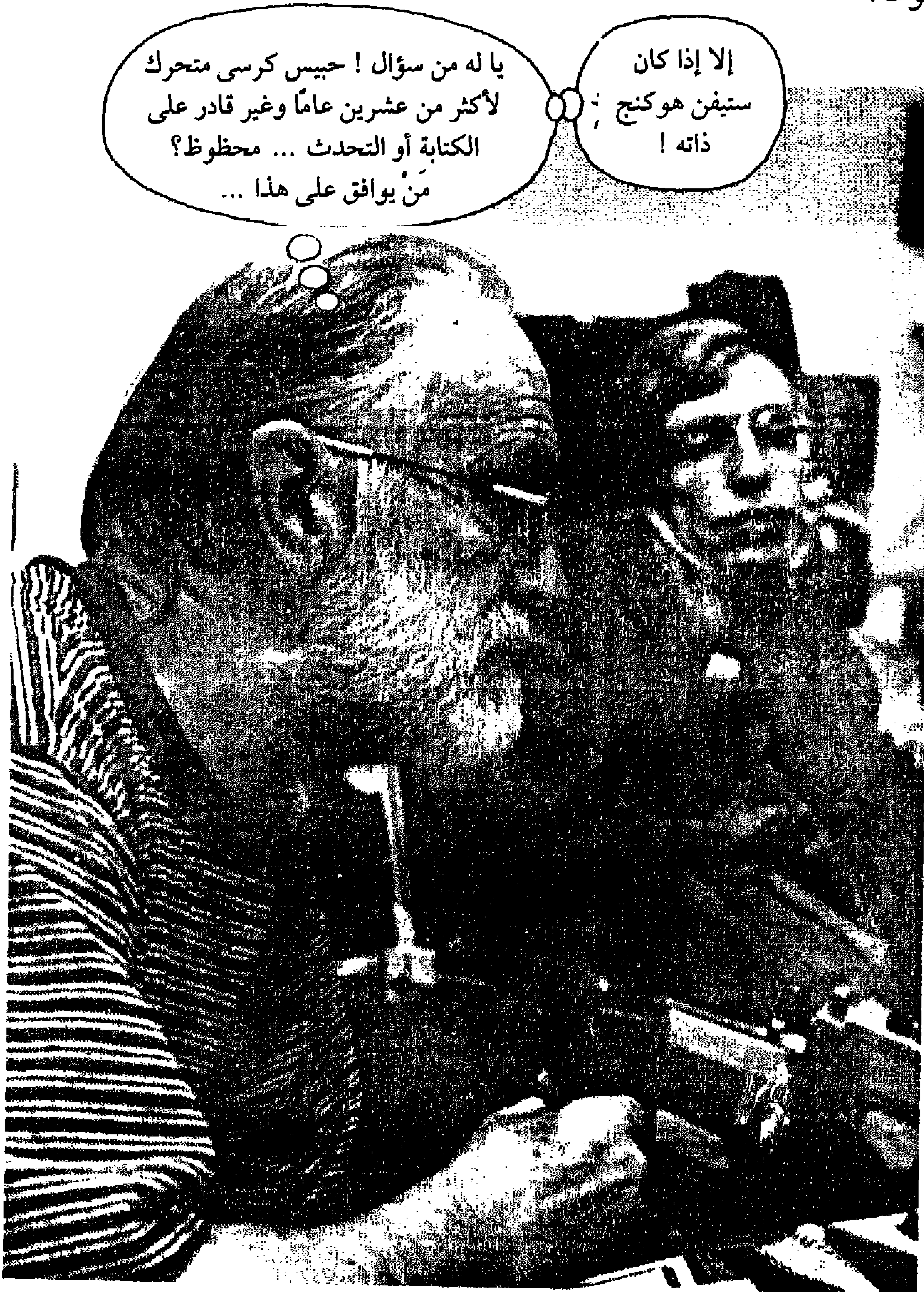
والله نسأل أن يهدينا جميعًا سبيل الرشاد،

المشرف على سلسلة «أقدم لك ..»

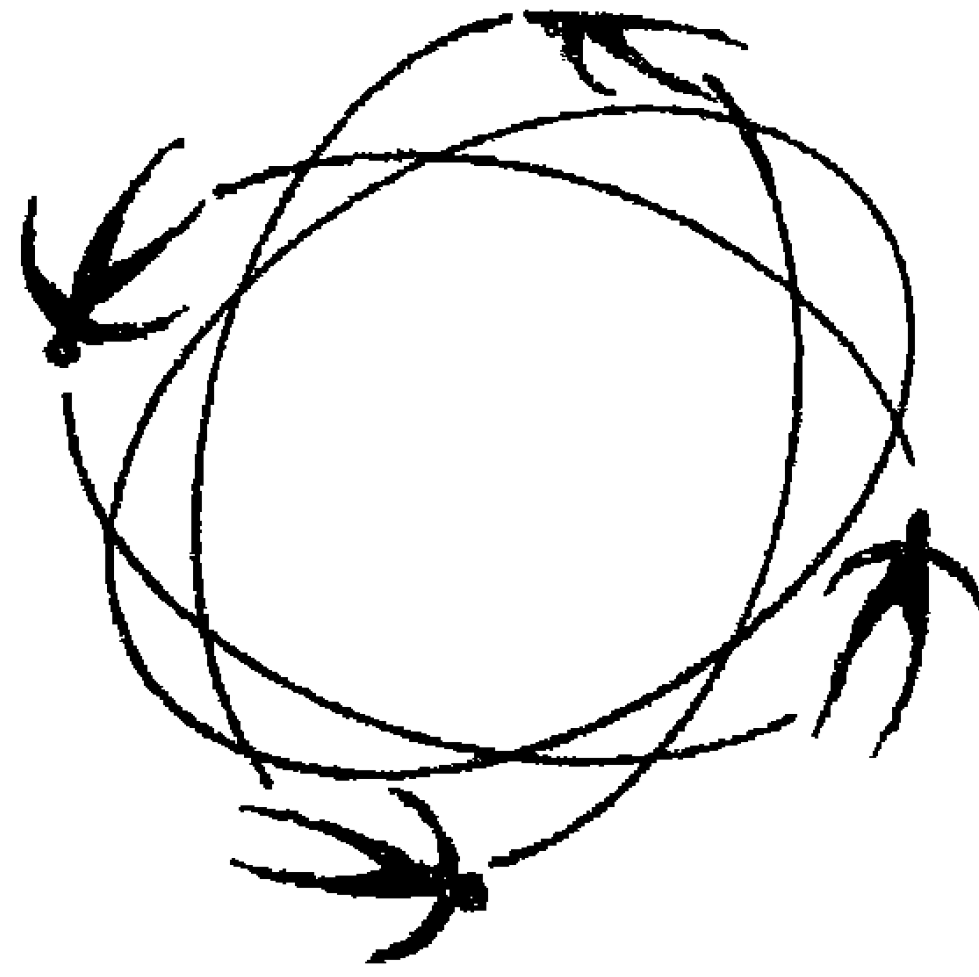
إمام عبد الفتاح إمام

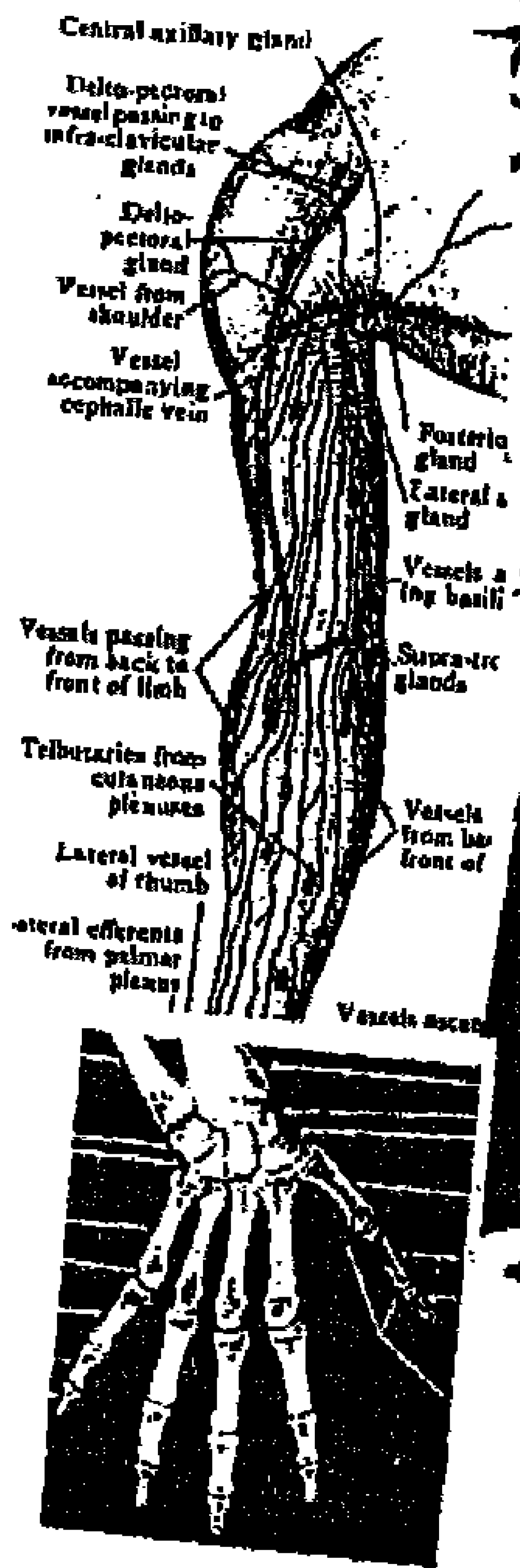
أكثر الرجال حظًا فى العالم

فى يوم التاسع عشر من شهر أكتوبر عام ١٩٩٤ أجرى مؤلف هذا الكتاب مقابلة مع ستيفن هوكنج، ثم بدأ بسؤال ربما يبدو جريئًا إن لم يكن وقحاً : هل يعتبر هوكنج نفسه محظوظًا؟

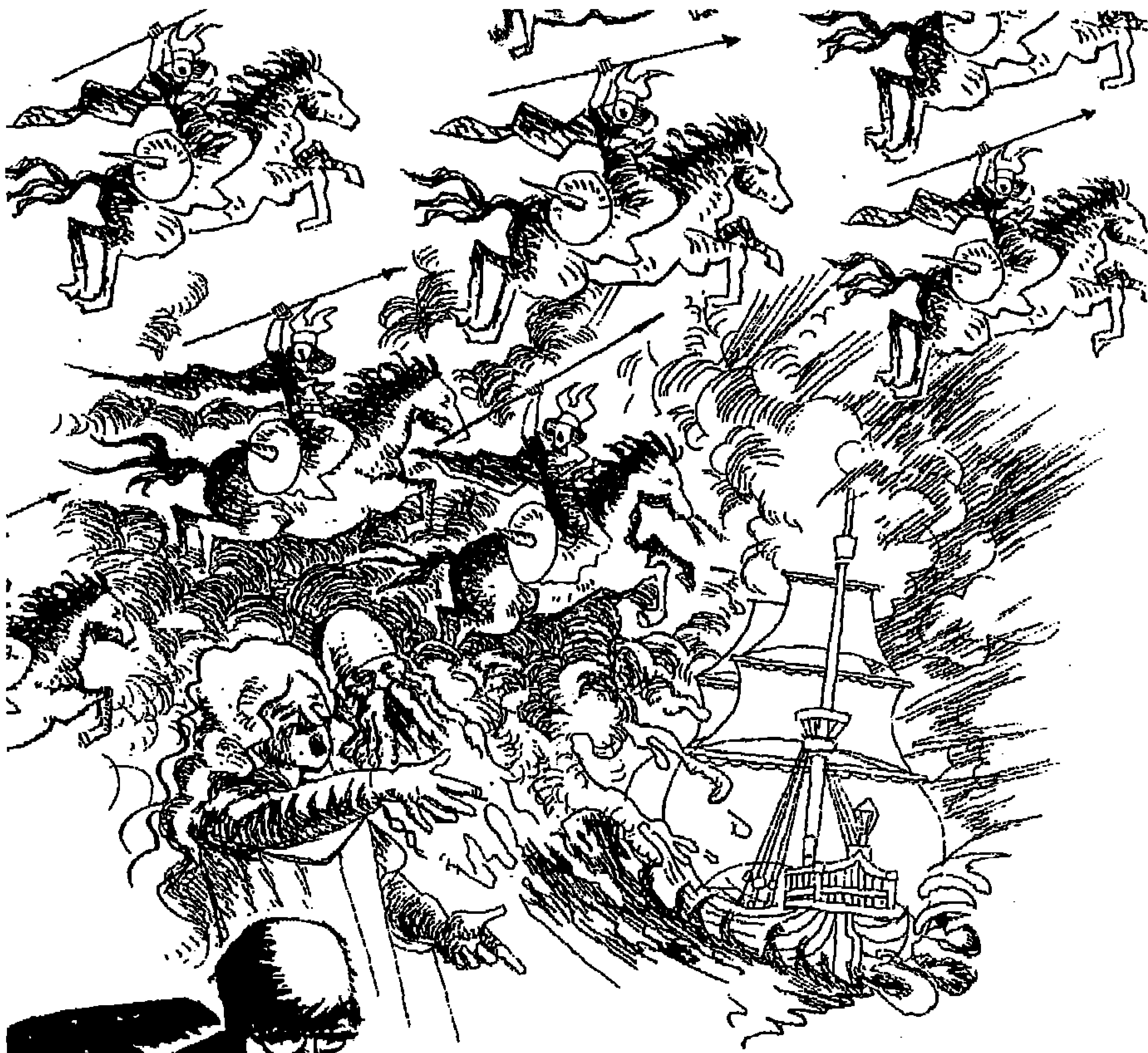



أوافق على كونى محظوظًا فى كل شىء عدا إصابتى بمرض خلايا الأعصاب المحركة، وحتى المرض لم يكن على قدر كبير من النكبة بالنسبة لى. فلقد تمكنت من التغلب على آثار المرض بواسطة الكثير من المساعدة. فلقد كنت على قدر كبير من الرضا لنجاحى رغم المرض.
وفى الحقيقة فإننى أكثر سعادة مما كنت قبل إصابتى بالمرض. ولا أستطيع أن أجزم بأن المرض كان بمثابة منفعة لى، ولكننى محظوظ لأنه لم يسبب العيوب المتوقعة منه.





ولنرجع إلى الوراء قليلاً ...
كل الناس تعرف حظ هوكنج السيئ. فلقد بدأ فى أحد أيام ربيع عام ١٩٦٢ بعد الظهر حينما شعر أنه لا يستطيع تحريك يده لربط رباط حذائه. وأدرك أن هناك شيئًا سيئًا قد حدث لجسده. وفى نفس العام كان قد أكمل أول خطوة فى طريقه العلمى حينما حصل على البكالوريوس من جامعة أكسفورد، وتَمّ قبوله طالبًا للدراسات العليا فى جامعة كمبردج. ولكنه قد أصيب بمرض التصلب الجانبي أو (ALS). وهذا المرض مميت ولا يمكن الشفاء منه، لذلك أمهله الأطباء عامين فقط فى حياته.





كما نستنبط من صحف التابلويد والسير الشخصية التى تطبع طبعات رخيصة، قضى هوكنج شهوراً عديدة بعد ذلك فى اكتئاب عميق فى مكانه فى الجامعة، وهو يشرب الخمر ويستمع لـ «فاجنر». ومما زاد مرارة هوكنج أنه علم أن عالم الكونيات الشهير «فرد هويل» (ولد عام ١٩١٥) ، لن يشرف على أبحاثه، وهو الذى اختار من أجله أن يدرس فى جامعة كمبردج.

ولكن سرعان ما بدأ حظه فى التغير، فلقد أعجبت به جين وايلد، ـ وكان قد قابلها فى ليلة رأس السنة عام ١٩٦٢، ـ إعجابًا حقيقيًا. كذلك خصص قسم الفيزياء بكمبردج دنيس سياما (وُلدَ عام ١٩٢٦) للإشراف عليه، وهو من أفضل المشرفين على الأبحاث علمًا وأكثرهم إلهامًا فى مجال علم الكونيات النسبى.

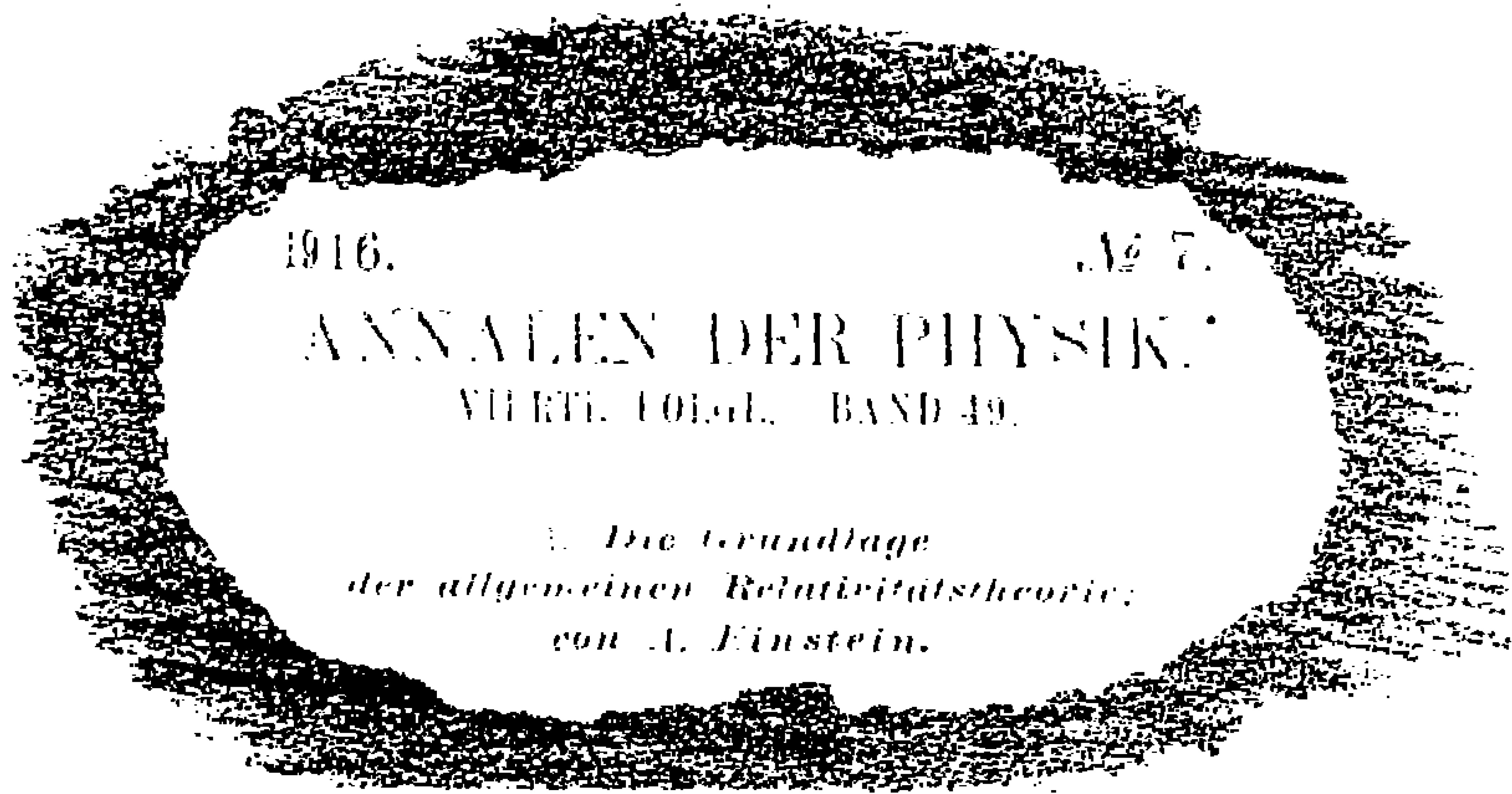


وبمجرد قبول أن قدرات ستيفن وليم هوكنج الجسدية قد أعاقها مرض (ALS) بشدة، بدأت سلسلة كاملة من الأحداث المبشرة بالخير فى الحدوث فى بداية الستينيات من القرن العشرين ومكنته من تحقيق قدره لأن يكون واحدًا من رواد علم الكونيات فى العصر الحديث.

أول شيء بالنسبة للمجال الذى اختاره وهو الفيزياء النظرية والتى لا يتطلب هذا المجال أى أدوات سوى عقله الذى لم يتأثر بمرضه أبداً. وقد وجد شريكةً معينةً وهى «جين وايلد» وكذلك مشرفا على رسالته متفاهماً وهو «سياما».

ثم قابل «روجر بنروز» (ولد عام ١٩٣١) عالم الرياضيات اللامع الذى كان يعمل فى مجال الثقوب السوداء، وسيدرس له أدوات تحليل جديدة تماماً فى الفيزياء . ولقد قام بنروز بحل مشكلة بحثية ساعدت على استمرار هوكنج فى رسالته للدكتوراه، وكذلك وضعته فى قلب الفيزياء النظرية.





1916. № 7.

ANNALEN DER PHYSIK.

VIERTE FOLGE. BAND 49.

1. Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie;
von A. Einstein.

وقد كـان هوكنج على موعـد آخر مع القدر فـى نفس الوقت. فقد كـانت هناك نظرية وكان قد بدأ فى تطبيقها على نطاق واسع فى مـسائل عملية فى علم الكونيات قد تطورت منذ خمس سنوات، وهي النظريـة العامة للنسبـية عند أينشتين، ويبـدو أن التنبؤات التى تم بناؤها على هذه النظرية كانت شديدة الغرابة لدرجة أنها لم تقبل لعشرات السنوات . وفى بداية الستينيات كان العصر الذهبى للبحث فى علم الكونيـات المبنى على النسبية العـامة على وشك أن يبدأ. وكـان القدر فى انتظار هوكنج. وكـان عالم الفيزيـاء النظرية الطموح سرًا مـستعـدًا رغم عجزه الطفـيف.. ولم يكن يعرف مقـدار ما تبقى من حـياته ... ولكنه بالتأكيد كان فى المكان المناسب فى الوقت المناسب.



ويسمى هوكنج بـ عالم الكونيات النسبية، وهذا يعنى أنه يدرس الكون ككل (كونيات)، ويستخدم النظرية النسبية فى الأساس (نسبية).

وبما أن هوكنج قضى حياته العملية كلها كعالم فيزياء نظرية (منذ بداية الستينيات وحتى منتصف التسعينيات من القرن العشرين) فى دراسة نسبية أينشتين العامة، فمن الأفضل أن نعرف عما تدور هذه النظرية.

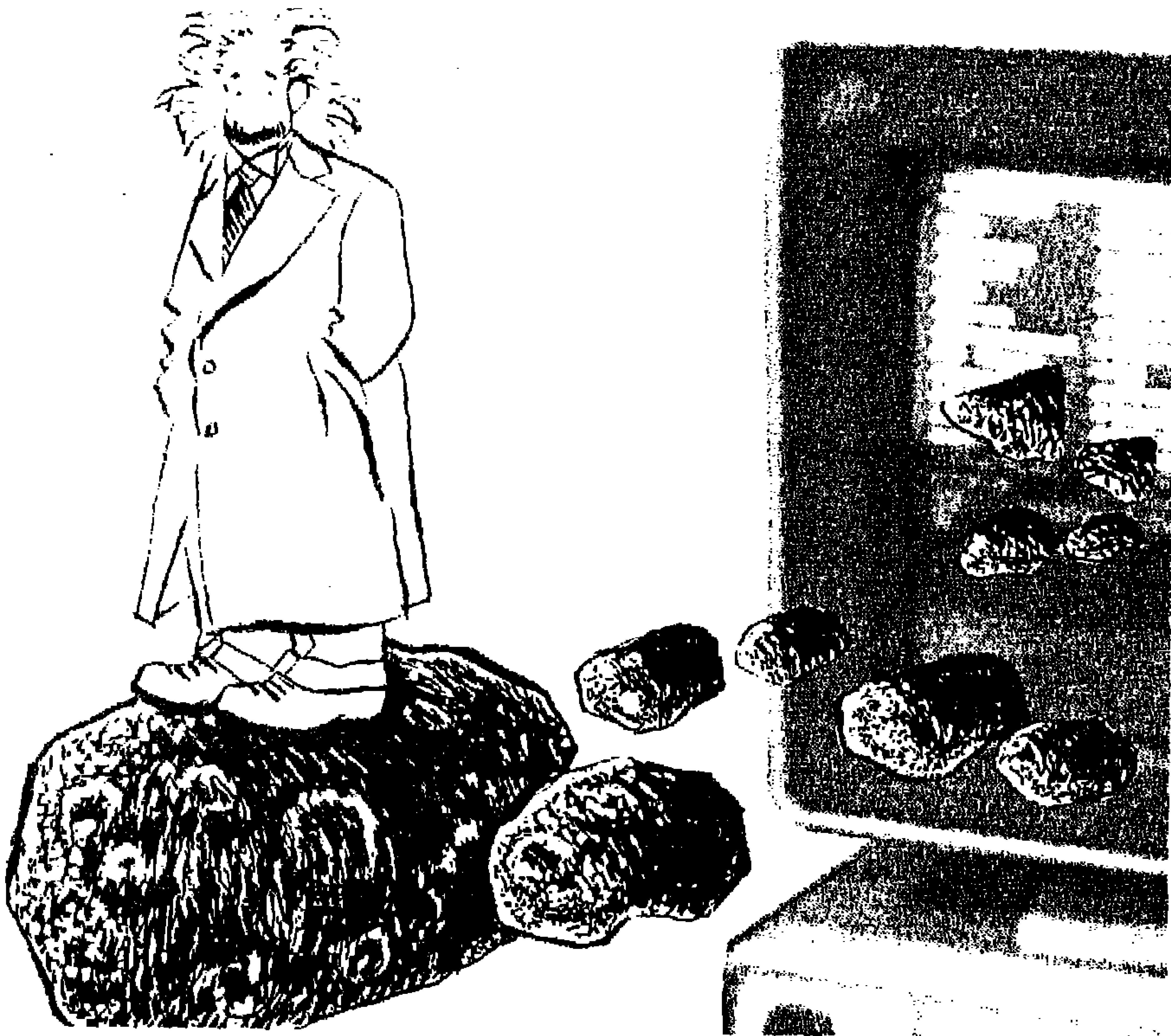


النظرية النسبية العامة

فى برلين، فى شهر نوفمبر عام ١٩١٥ كان ألبرت أينشتين (١٨٧٩ ـ ١٩٥٥) قد أكمل لتوه نظريته عن النسبية العامة، وهى عبارة عن صياغة رياضية يتم فيها استخدام الفضاء المنحنى والوقت الملتوى فى وصف الجاذبية. وقد بدأ علم الكونيات ككل بعد ذلك بعامين عندما نشر أينشتين بحثًا آخر تحت اسم «اعتبارات كونية»، والذى قام فيه بتطبيق نظريته الجديدة ككل.

ومن الصعب أن يتمكن أحد من النسبية العامة، ولكن القلة الذين يفهمونها يوافقون على كونها نظرية ممتازة ورائعة لوصف الجاذبية.

وعملية وصف مجموعة من المعادلات الرياضية بأنها رائعة لا تساعدنا فى فهم كيفية اختلاف نظرية أينشتين عن نظرية إسحق نيوتن (١٦٤٢ ـ ١٧٢٧)، ولكن المثال الذى يوضح كيف تصف كلتا النظريتين الجاذبية، وصف الجاذبية فى نفس الظروف الفيزيائية من الممكن أن يفى بالغرض.



لماذا يجب على عالم الكونيات أن يقوم بدراسة الجاذبية ؟

علم الكونيات هو دراسة كل الكون ويبنى كثير من هذا العلم على فروض «فضفاضة». ويحدد الجاذبية التركيب الكبير للكون أو ببساطة أكثر فإن الجاذبية تجمع الكواكب والنجوم والمجرات معًا. وهذا هو أكثر المبادئ أهمية فى هذا المجال.

وحتى فترة قريبة كان يُعتقد أن علم الكونيات هو علم زائف يُوكل للأساتذة الفخريين المتقاعدين. ولكن فى العقود الثلاثة الأخيرة أدى تطوران كبيران إلى تغير الموضوع تغييراً كبيراً وقد تصادفا مع حياة هوكنج البحثية.



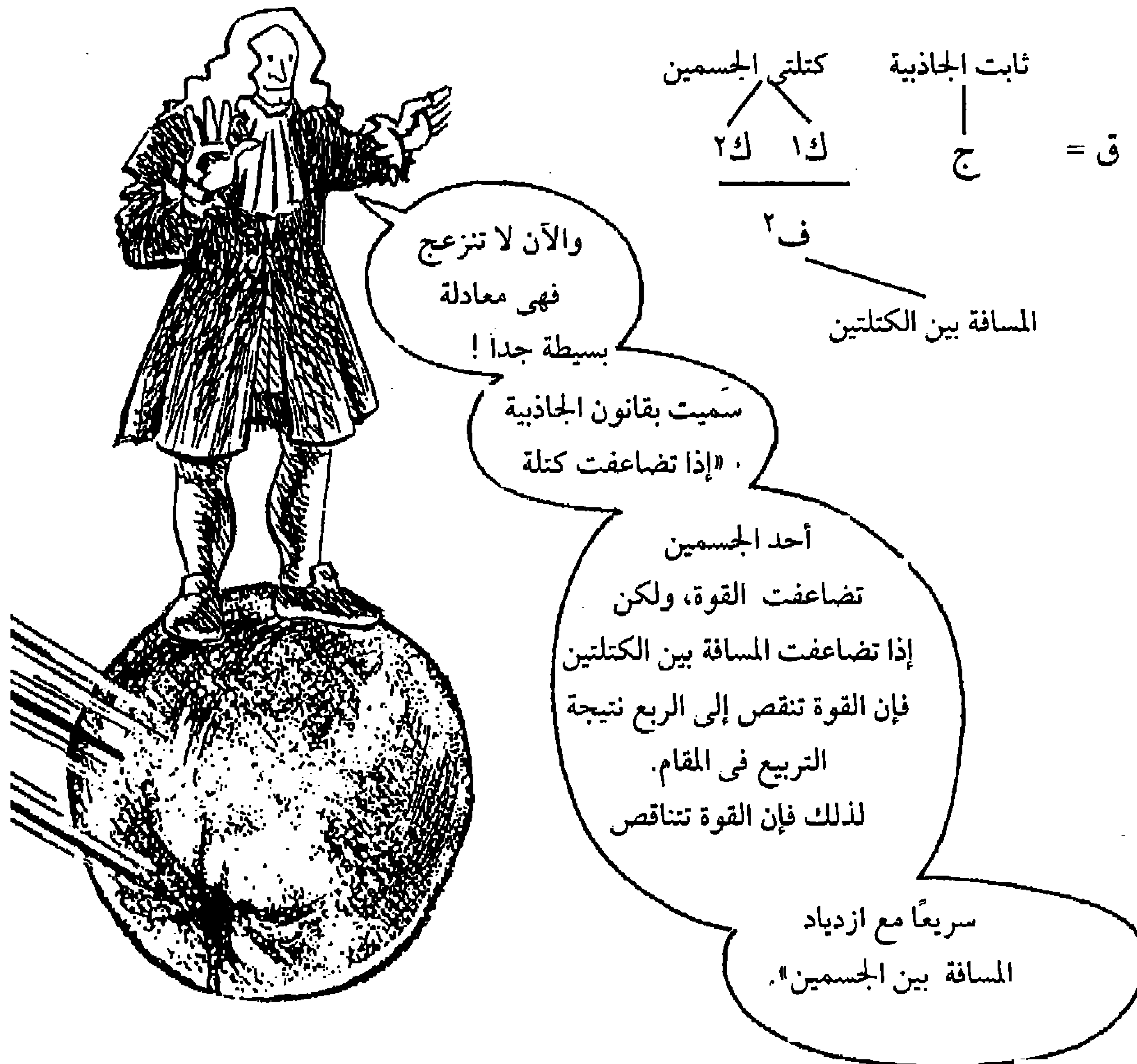
أولاً انعطافات كبرى في علم الفلك الرصدى ـ الذى يصل إلى أبعد المجرات جعل الكون عبارة عن معمل لاختبار النماذج الكونية. ثانياً: نظرية النسبية العامة لإينشتين تم إثباتها العديد من المرات حتى أصبحت صحيحة ومقبولة لوصف الجاذبية فى الكون كله. تذكر أن الفيزياء علم تراكمى حيث إن النظريات الجديدة تُبنى على القديمة. ويتم قبول الأفكار التى تصمد أمام الاختبار التجريبي ونبذ تلك التى لا تتماشى مع النتائج العملية. وهدفنا النهائى هو فهم إسهامات هوكنج الذى وصل بنظرية الجاذبية لإينشتين إلى أبعد حدودها.

وهناك أمر مهم وهو أن نفهم فكرة النظريات الجزئية ، فعلى سبيل المثال تعتبر قوانين الجاذبية لنيوتن صحيحة فقط عندما تكون الجاذبية ضعيفة ويجب أن تحل محلها نظرية النسبية العامة لأينشتين فى حالة الجاذبية القوية. وبالمثل فإن النسبية يجب أن تتبدل بميكانيكا الكم عند دراسة التفاعلات عند مقياس ميكروسكوبى مثل تفرد الانفجار العظيم Singalarity أو عند منتصف وحافة الثقب الأسود. وهوكنج هو صاحب الحظ السعيد الذى دمج النسبية العامة مع ميكانيكا الكم ليولد جاذبية الكم والتى تسمى فى الأوساط الإعلامية خطأ بـ نظرية كل شىء.



نيوتن : مفهوم القوة

قدم نيوتن مفهوم قوة الجاذبية للجذب التثاقلى، وذكر أن الجذب المتبادل بين جسمين يتناسب تناسبًا طرديًا مع كتلة كل منهما (أى كمية المادة التى يحتويها الشىء) وعكسياً مع مربع المسافة بينهما.



والجاذبية هى: أضعف قوة فى الطبيعة كما نستنتجه من خلال قيمة ثابت الجاذبية «ج» فى الوحدات العملية :

ج = ٦,٦٧ X $١٠^{-١١}$ نيوتن متر^{٢} / كيلوجرام^{٢}

والنيوتن وحدة القياس للقوة يساوى تقريبًا ربع رطل.

أربعة أنواع من القوى فى الكون

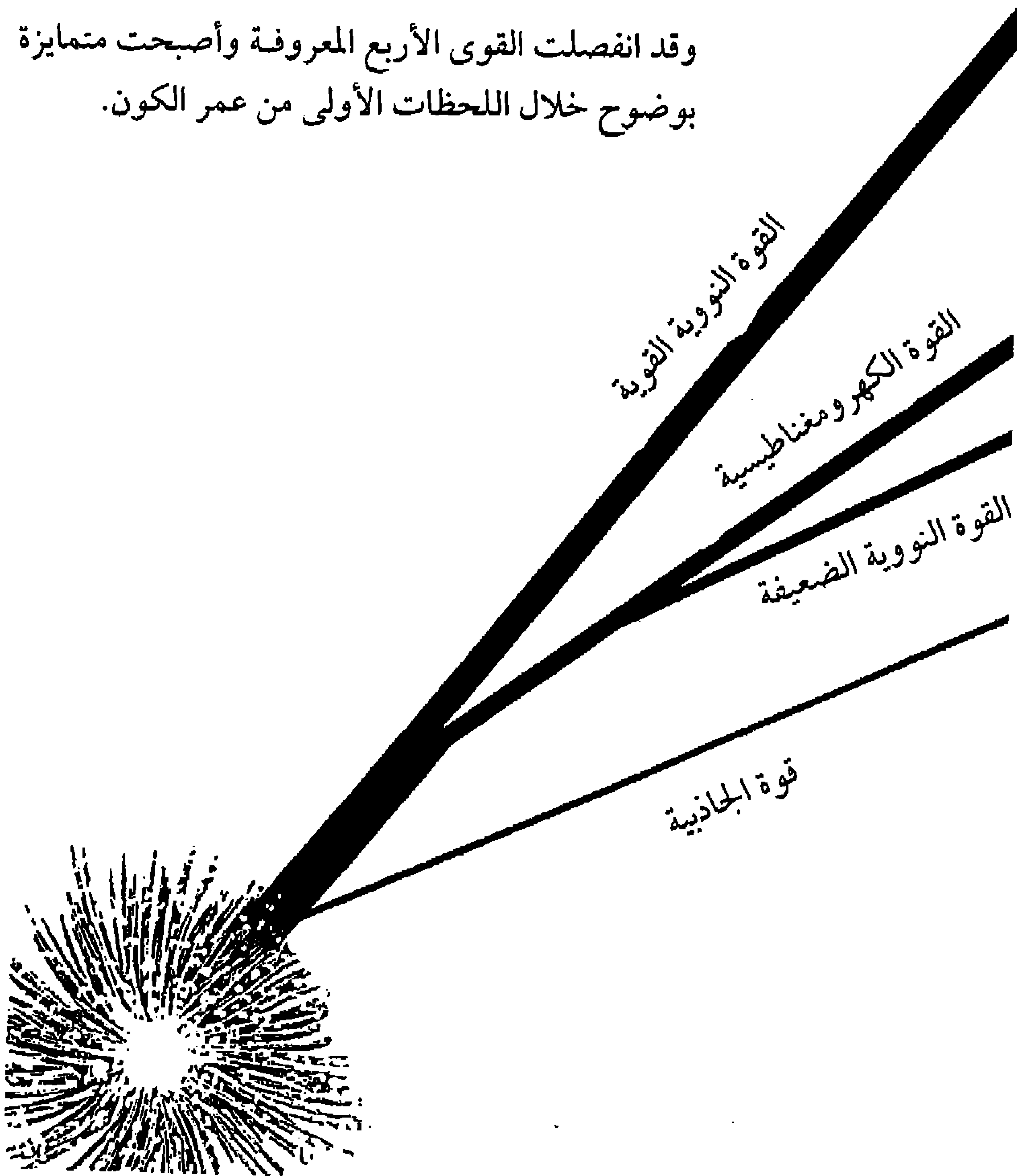
القوة الكهرومغناطيسية : تقوم بحفظ الذرات مع بعضها البعض وهى أساس لكل التفاعلات الكيميائية.

القوة النووية القوية : تقوم بربط البروتونات والنيوترونات داخل النواة وهذه القوة مهمة فى التفاعلات النووية مثل الانشطار والاندماج.

القوة النووية الضعيفة : وهى تحدد الاضمحلال الإشعاعى أى الانبعاث التلقائى لجسيمات ألفا وبيتا من داخل النواة.

قوة الجاذبية : وهى المسئولة عن البنية الكبيرة للكون وتكوين المجرات والنجوم والكواكب.

وقد انفصلت القوى الأربع المعروفة وأصبحت متمايزة بوضوح خلال اللحظات الأولى من عمر الكون.



عندما يقترب مصارعا السومو من بعضهما داخل حلبة المصارعة (وليكن على بعد متر من بعضهما) ، نجد أن القوة التى تجذبهما (الكتلة حوالى ١٣٥كجم) لبعضهما تعتبر ضئيلة جداً ... فهى عشرة آلاف مرة من القوة اللازمة لرفع مربع من المناديل الورقية ! ولتحويل الإجابة إلى أرطال اضرب الناتج بالنيوتن في ٢٢٥, .

$$\text{ف ج} = \frac{(\text{٦,٦٧} \times \text{١٠}^{\text{١١-}})(\text{١٣٥})(\text{١٣٥})}{(\text{١ متر})^{\text{٢}}} = \text{٠,٠٠٠٠١٢ نيوتن}$$

$$= \text{٠,٠٠٠٠٠٢٧ رطل.}$$

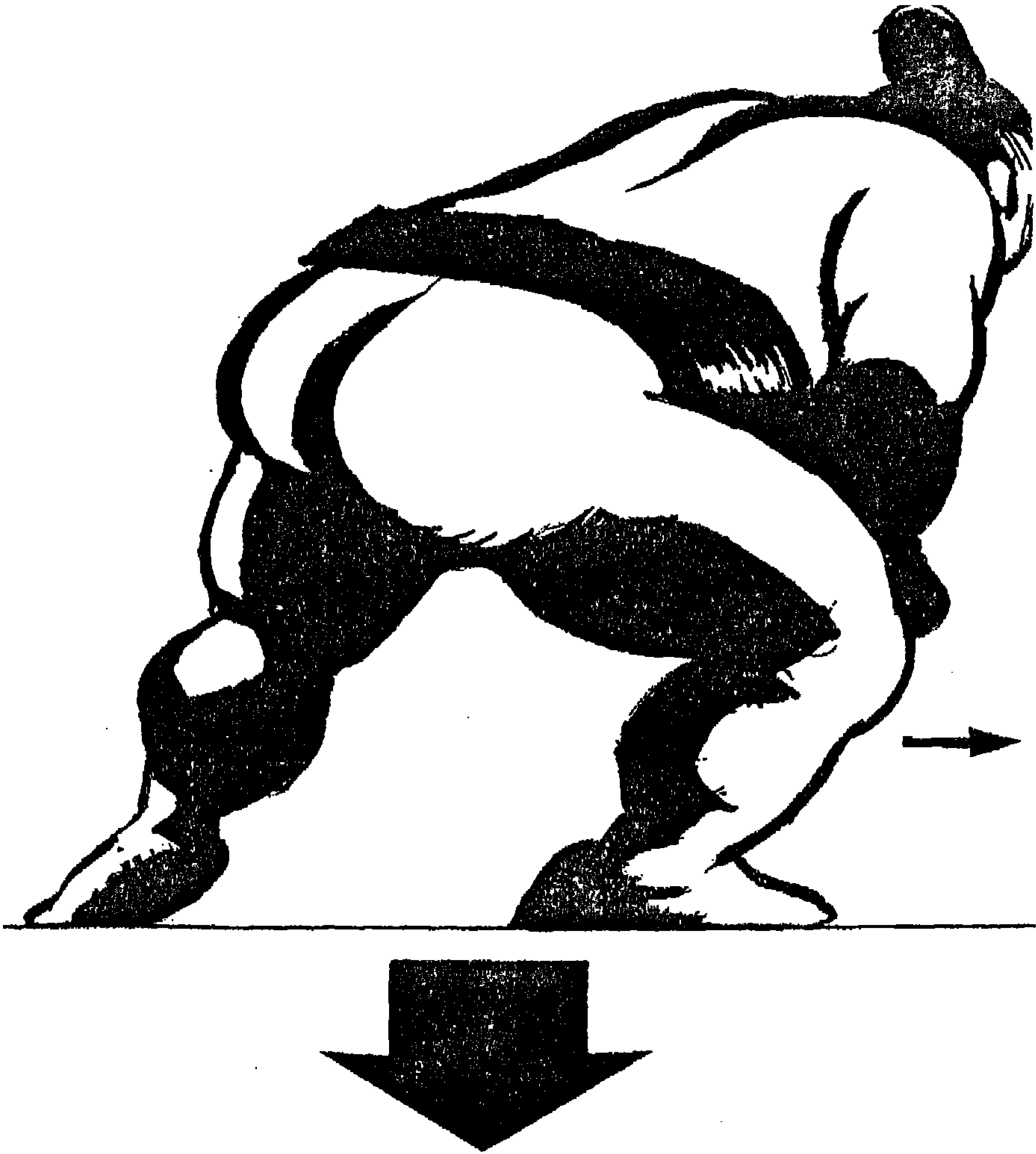
حيث ١٣٥ كجم هو وزن الواحد منهم، للتحويل من نيوتن إلى رطل نضرب فى٢٢٥, ٠



ولكن قوة جذب كل منهما إلى الأرض أكبر بكثير. وذلك لأن الجسم الآخر الذى يجذب كلاً منهما لأسفل هو الأرض التى لها كتلة $5,98 \times 10^{24}$ كجم يجب أن توضع في بسط معادلة نيوتن.

ونصف قطر الكرة الأرضية $6,37 \times 10^{6}$ متر يوضع فى المقام. حاول أن تحسبها بآلة حاسبة ولا تنس عامل التحويل حتى تحصل على الإجابة بالأرطال:

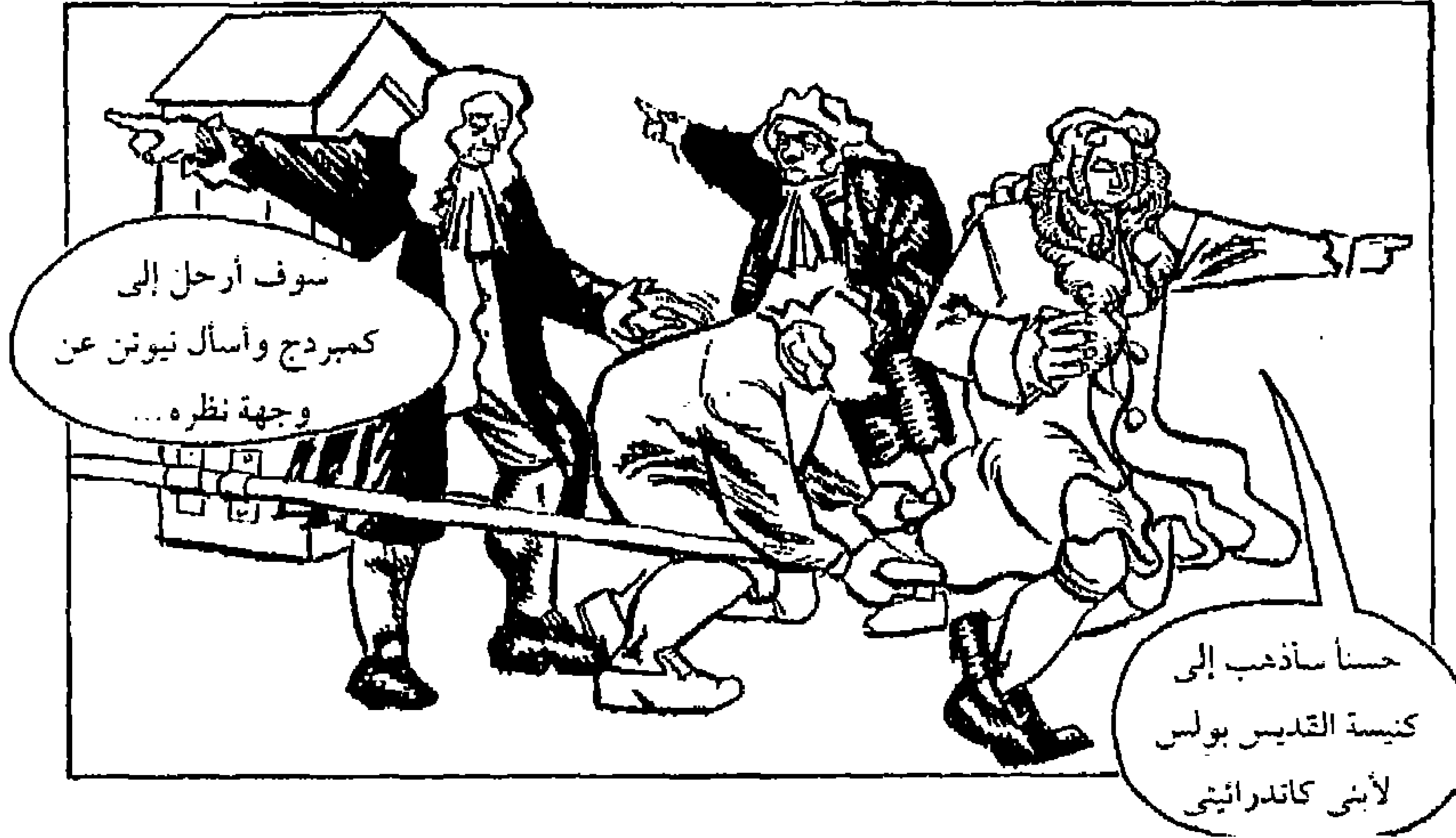
$ق_ج$ = ٢٩٨ رطل (وهو وزن المصارع).



المبادئ الرياضية The Principia
وصف عالم نيوتن

كان نيوتن مهتمًا بصورة أساسية بقوة الجاذبية بين الشمس والكواكب (أى النظام الشمسى). وقد نشأت القوة الدافعة لنشر نظريته عن الجاذبية، مبادئ، Principia من خلال مناقشة فى الجمعية الملكية فى عام ١٦٨٤ بين عالم الفلك إدموند هالى (١٦٥٦ - ١٧٤٢) والمهندس المعمارى السير كرستوفر رين (١٦٣٢ - ١٧٢٣) والمنافس اللدود لنيوتن روبرت هوك (١٦٣٥ - ١٧٠٣).

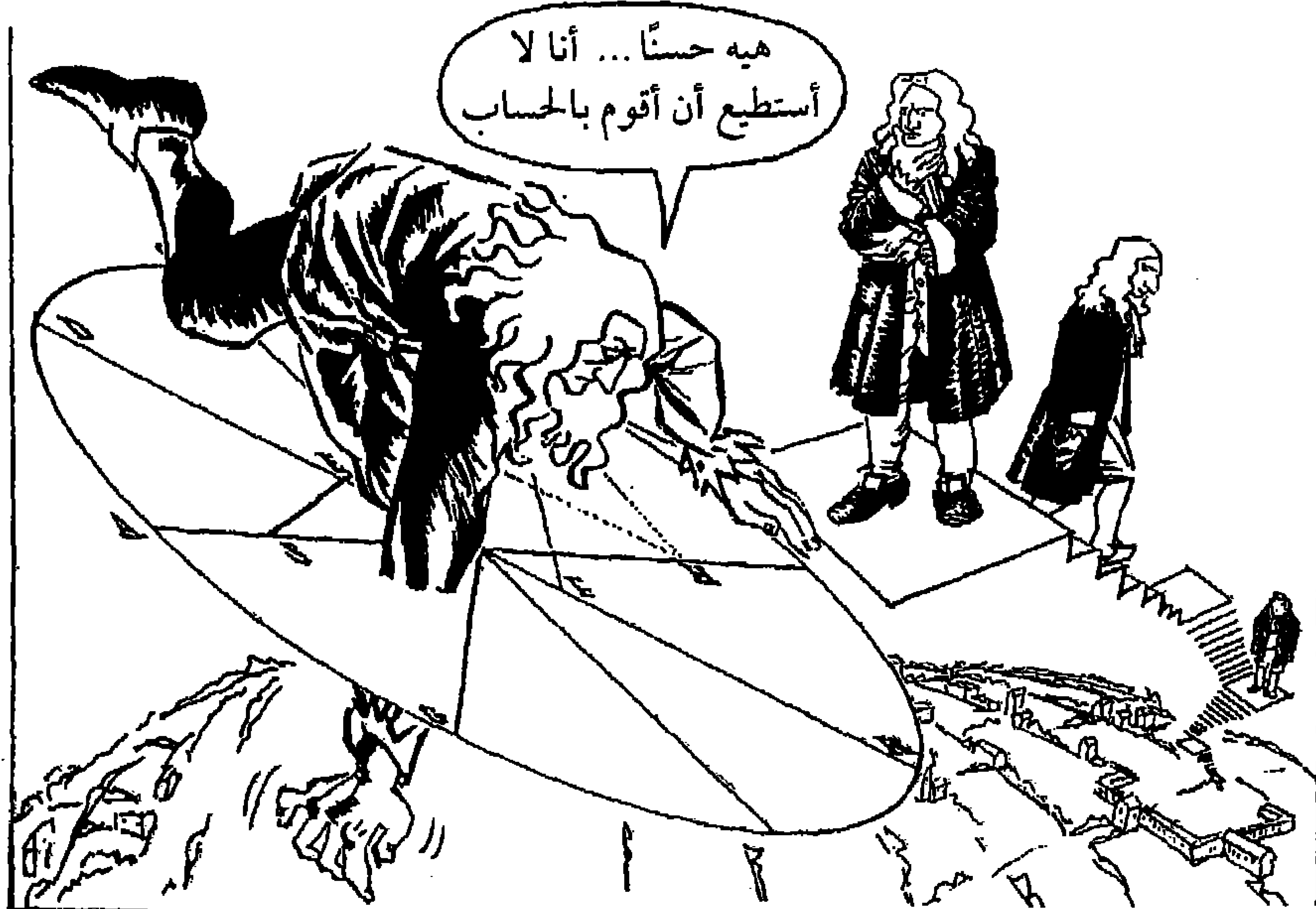




وبدون تردد قام نيوتن (العبقرى الناسك) بالرد على سؤال هالى عن المدارات الإهليجية



كلنا نعرف أن يوهانز كبلر (١٥٧١ - ١٦٣٠) قد أوضح أن مدارات الكواكب إهليجية ، لكن البرهان الرياضى لذلك كان شيئًا مختلفًا مرة أخرى.



وعاد هالى إلى لندن وهو محبط، لكن بعد ٣ أشهر تسلم بحثًا من ٩ ورقات باللاتينية (عن حركة الأجسام فى المدار)، قام فيه نيوتن بوصف المسارات الإهليجية البيضاوية للكواكب بواسطة قانون الجاذبية وقوانين الحركة التى وضعها. وكان هذا هو البشير «للمبادئ الرياضية» المشهورة عالميا (١٦٨٧) الذى قدم وصفًا رياضيًا كاملاً لأفكاره.

De motu corporum in gyrum.

PHILOSOPHIÆ
NATURALIS
PRINCIPIA
MATHEMATICA.

Autore JS. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheseos Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Julii 5. 1686.

LONDINI,
Jussu Societatis Regiæ ac Typis Josephi Streater. Prostat apud plures Bibliopolas. Anno MDCLXXXVII.

نيوتن وهوكنج

تقوم الأوساط العلمية بمقارنة هوكنج عادة بالآخرين من علماء الفيزياء المشهورين مثل نيوتن وأينشتين، الأمر الذى يحير العلماء، وخاصة مؤرخى العلم. فلم يكن هناك شخص واحد يتسيد جيله كله مثلما كان نيوتن فهوكنج مجرد واحد من مجموعة قليلة من العلماء البارعين المتمكنين من علم الكونيات فى هذه الأيام. وبعض هذه المقارنات شيق جداً.

قضى نيوتن حياته العملية كلها فى كمبردج وكانت أبحاثه ومعامله فى كلية ترينتى. أما هوكنج فكان فى كمبردج منذ بداية حياته فى الدراسات العليا فى عام ١٩٦٢ فيما عدا بعض سنوات التفرغ القليلة التى قضاها فى الخارج.

حاول كلاهما أن يفسر العالم المادي الذي يمكن ملاحظته من خلال نظريات الجاذبية : نيوتن استخدم نظريته الخاصة وهوكنج استخدم النسبية العامة لإينشتين بصورة أساسية.



وكان التطبيق واسع النطاق لقانون الجاذبية الذى قدمه نيوتن فى «المبادئ الرياضية» غير عادى بالمرة. فلقد نجحت النظرية فى الحال، ووجد أنها قابلة للتطبيق على كل أنواع الحركات فى النظام الشمسى بما فيها القمر والمذنبات والكواكب. وكانت هذه النظرية دقيقة جدًا، لدرجة أنها استخدمت لاكتشاف كوكب نبتون الذى لم تكن رؤيته ممكنة بالتلسكوبات المتاحة فى ذلك الوقت.



هذا فيما عدا مشكلة صغيرة واحدة، وهى أن مدار عطارد لم يكن صحيحًا تمامًا، ولكن لأن عطارد قريب جدًا من الشمس من الصعب رؤيته فقد كان يعتقد أن هذا التناقض ناتج عن أخطاء متعلقة بالرصد وبرره كل الناس خلال القرن ١٧ والقرن ١٨ .



وقد تم اكتشاف مدارات المشترى والمريخ وزحل، ولم يكن أحد منزعجًا.

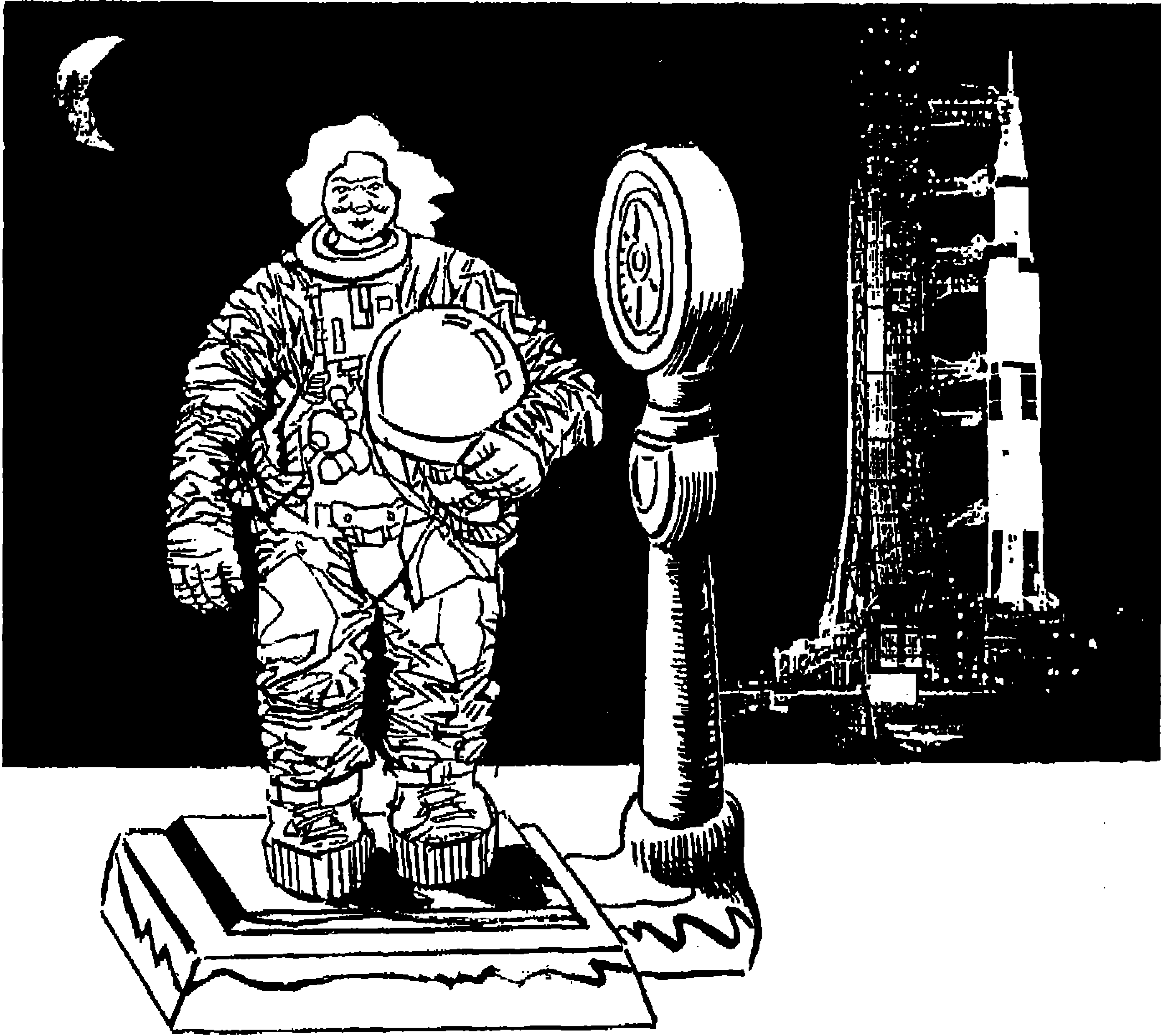
وربما يندهش الكثيرون إذا علموا أن الوصول إلى القمر بعد وفاة أينشتين بنصف قرن لم يتطلب أى تحويرات لنظرية نيوتن. وقد استخدم مهندسو ناسا (وكالة الفضاء الأمريكية) كتابة المبادئ الرياضية عندما كانوا يبرمجون صواريخهم فى «كيب كينيدى» عام ١٩٦٩ .



لكن الفرق بينهما يمكن تجاهله إلا إذا كانت القياسات تتم بالقرب من جسم له جاذبية هائلة.. ففى مدارات الشمس والكواكب، بل فى معظم النظام الشمسى بأكمله، يمكن إهمال آثار نسبية أينشتين واستخدام نظرية نيوتن.

مفهوم الكتلة

لنأخذ فى الاعتبار الطريقة السحرية لإنقاص الوزن : رحلة إلى القمر ! عند نقل جسم فى سفينة فضاء إلى القمر فإن وزنه ينقص إلى السدس ! ويمكن التحقق من نقصان الوزن هذا ببساطة شديدة، باستخدام معادلة النسبية عند نيوتن للمقارنة بين قوة جاذبية الجسم على سطح الأرض (أى وزنه) بتلك على سطح القمر. بمجرد التعويض بالأرقام فى المعادلة نرى هذا النقصان الكبير فى الوزن. ولكن لاحظ كيف تستخدم الكتلة؟.



كتلة رجل الفضاء حوالي ٦٠ كجم (يحددها ميزان وكتل عيارية) ، وكتلة الأرض ٥,٩٨ x ١٠ ^٢٤^ كجم ونصف قطرها ٦,٣٧ x ١٠ ^٦^ متر، وباستخدام هذه القيم فى معادلة نيوتن نجد أن الوزن يساوى :

الوزن = $ق_ج$ = ٥٩٠ نيوتن = ١٣٢ رطلاً. (كل نيوتن = ٠,٢٢٥ رطل)

والآن ما وزنه على القمر ؟ استخـدم نفس الطريقة ولكن هذه المرة بوضع كتلة القمر = ٧,٣٤ x $١٠^{٢٢}$ كجم ونصف قطر القمر = ١,٧٤ x $١٠^{٦}$ متر

الوزن = ٩٧ نيوتن = ٢١,٨ رطل.

وحتى مصارع السومو سيزن ٥٠ رطلاً فقط.



لا جدال في أن الكتلة مفهوم شائك. فمن الصعب فهمها، كما أنها كانت غامضة جدًا حتى عهد أينشتين فكر في تلك الخاصية للأجسام التى تجعلها تنجذب ناحية أجسام أخرى كما في قانون الجاذبية عند نيوتن:

كتلة الجاذبية

$$\text{ق (قوة)} = \frac{\text{ج ك}_1 \text{ ك}_2}{\text{ف}^2}$$



بعد ذلك ، فكر فى خاصيـة الجسم التى تجعله يقاوم التغيير فى السـرعة، كما فى قانون نيوتن الثانى للحركة

ق (قوة) = ك (كتلة القصور الذاتى)x جـ (العجلة)

أو .... جـ = ق (القوة) / ك (الكتلة)

وبالطبع إذا كانت كتلة القصور الذاتى كبيرة فإن العجلة تكون أصغر بالنسبة لقوة معينة.

والآن هل يوجد اختلاف بين هاتين الكتلتين،

كتلة الجاذبية وكتلة القصور الذاتى ؟

لقد أربكنا نيوتن.



ألبرت أينشتين، منقذ الفيزياء الكلاسية

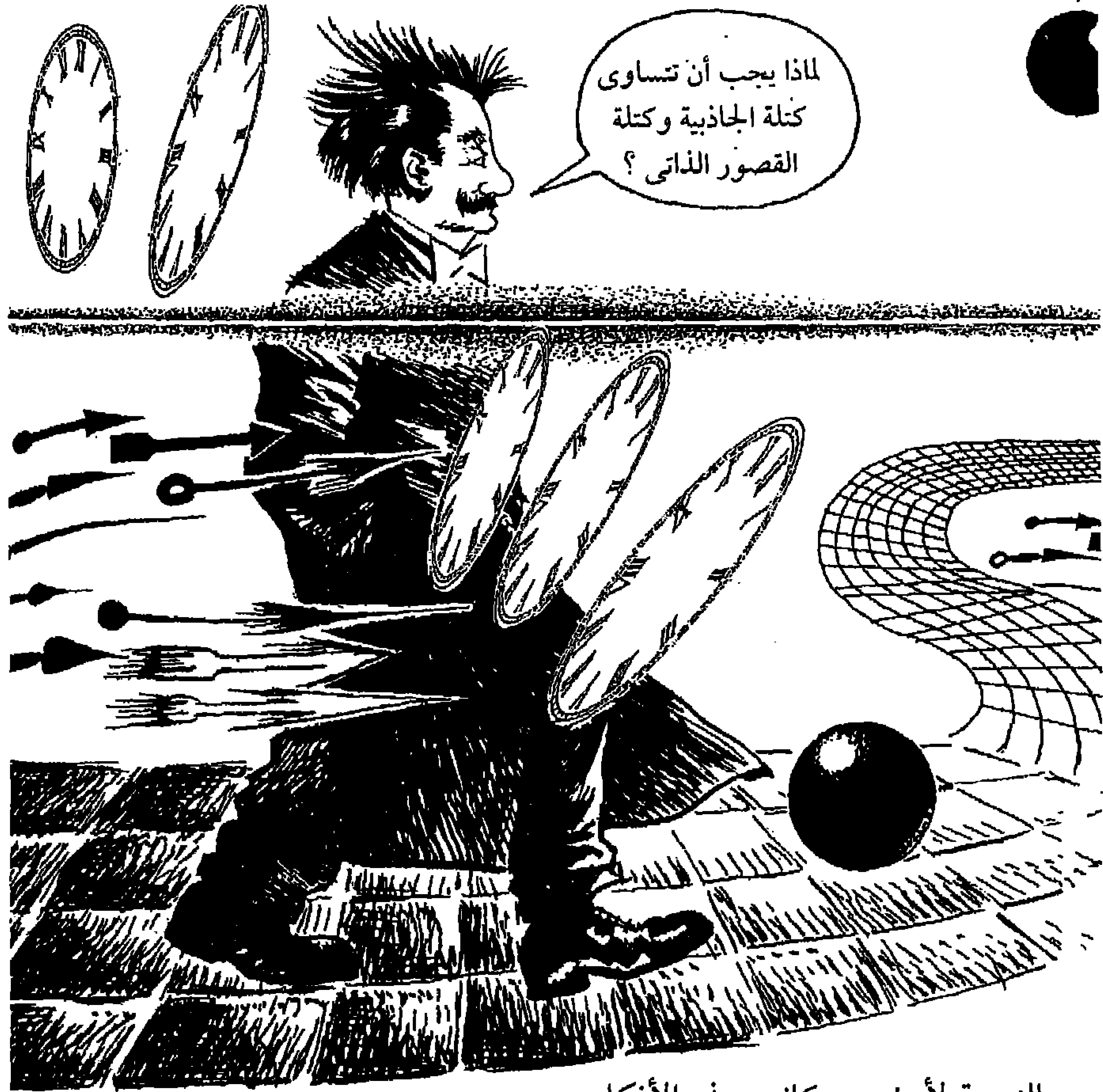
تكفل رجل واحد بتوضيح التناقضات في الفيزياء الكلاسية وهو ألبرت أينشتين. وقد قرر علماء العصر الفكتورى العظام أنه لم تتبق سوى مشاكل ليقلب فيزياء نيوتن رأساً على عقب. وإذا تخيلنا أن تقدم البنية الذى وضعه نيوتن عبارة عن بيت مصنوع من بعض الكروت الورقية. نجد أن أينشتين قام فى الواقع بإزالة اثنين من هذه الكروت فقط. وتصادف أنهما كانا في قاعدة البنية.



وللقيام بذلك كان من الضرورى افتراض أنه ليس بإمكان أى شىء أن يتحرك بسرعة أكبر من سرعة الضوء التى قال عنها أينشتين إنها دائمًا ثابتة، وقد أسمى أينشتين هذا العمل نظرية النسبية الخاصة.

كانت أبحاث أينشتين الأولى عن الديناميكا الكهربية، واهتمت بالإشارات الضوئية والساعات المتحركة. ولكنه بعد فترة وجيزة بدأ ينزعج من الجاذبية وأربكته خاصيتها المحيرة التى تسمى الفعل عن بعد.

ووفقاً لنيوتن، إذا اختفت الشمس فى لحظة فسيختفى أيضًا مجال جاذبيتها على الأرض فجأة الذى يبعد عنها ملايين الأميال. ولكن الضوء القادم من الشمس بسرعته المحدودة سيواصل تجاه الأرض لمدة ثمانى دقائق أخرى. وقد أربك ذلك أينشتين مثلما أربكه مفهوم الكتلة.



بالنسبة لأينشتين كانت هذه الأفكار عبارة عن تناقضات انزعج منها عبر سنين، وكان يعرف فى شبابه أن إرادة الله وراء كل هذه التفاصيل.

وبدأ أينشتين المنزعج يأخذ فى اعتباره احتمال وجود طريقة أخرى لتفسير الجاذبية، ربما لن تكون قوة على الإطلاق. وحيث إن حركة الأجسام التى تسقط سقوطا حرا لا تعتمد على كتلة الجسم أو تكوينه (كما اكتشف جاليليو فى القرن الخامس عشر) فربما تكون الجاذبية راجعة لخواص معينة للوسط الذى تسقط فيه، أى الفراغ نفسه.

وبواسطة سلسلة من الخطوات الخاصة والإبداعية قدر أينشتين أن الفضاء ليس مستويًا ولكنه منْحنٍ والانحناء الموضعى ناتج عن وجود الكتلة في الكون. ونتيجة لذلك فإن الأجسام التىَ تسير فى الفضاء المنحنى لا تتبع خطوطًا مستقيمة تتبع مسار أقل مقاومة عبر خطوط الكنتور للفضاء المنحنى، وتسمى هذه المسارات [قياسات المساحة] جيودسيك .



وإذا كان هذا صحيحًا فلا توجد حاجة «لقوة الجاذبية» الغامضة التى تنتقل لحظيًا ولا حتى من الضرورى تفسير التصادف الغريب بأن كتلتى الجذب والقصور الذاتى متساويتان بالضبط.

وشرع أينشتين فى إنقاذ الفيزياء الكلاسية من هذه التناقضات وإكمال المهمة التي بدأها جاليليو ونيوتن وجيمس كلارك ماكسويل (١٨٣١ - ١٨٧٩).

أينشتين وهوكنج

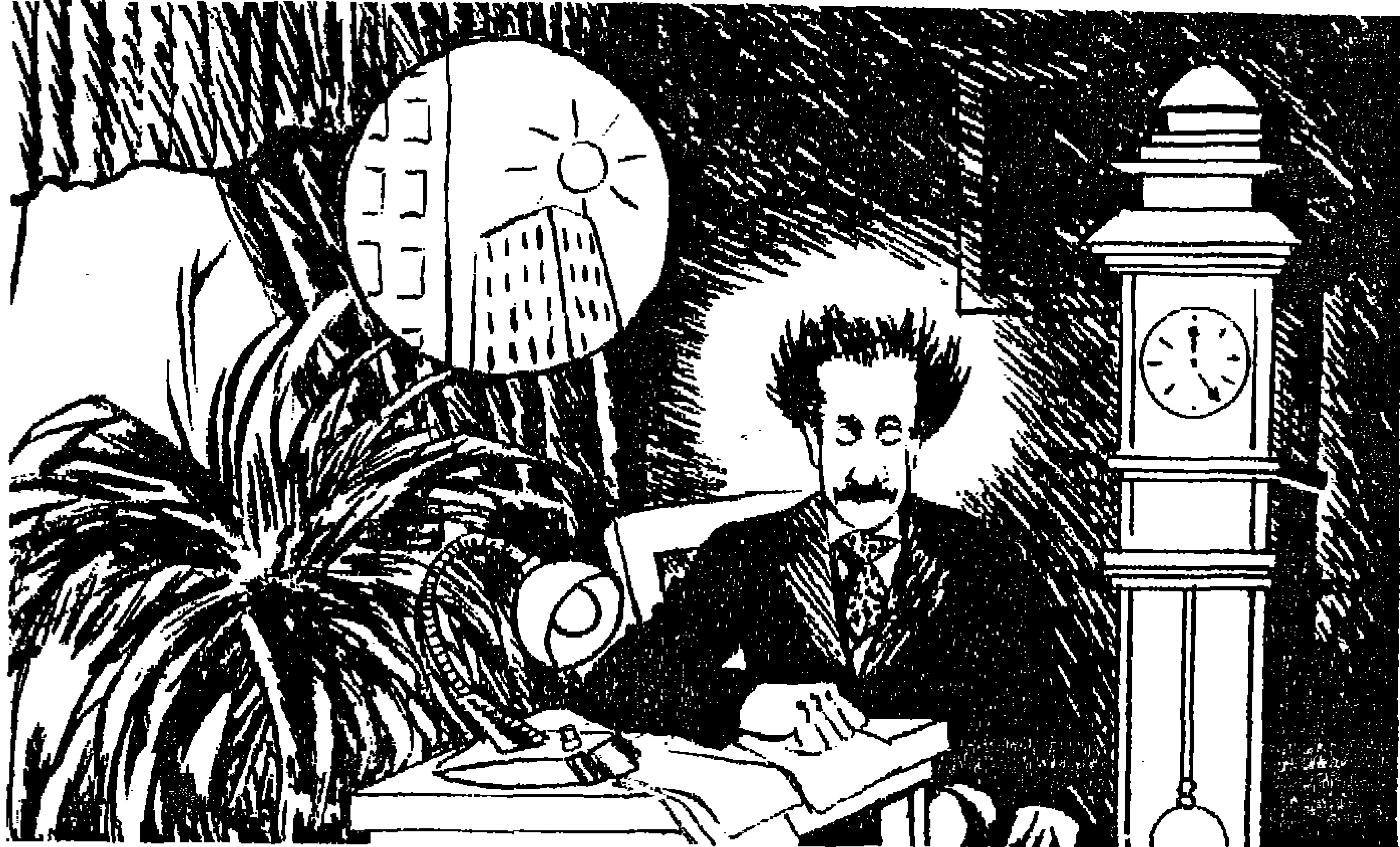
لقد أتت معظم الأعمال العظيمة فى الفيزياء من أولئك الذين جمعوا بين الحدس الفيزيائى العجيب ربط البديهة الفيزيائية الخارجة والمهارات الرياضية السليمة ، والحدس أهم بكثير من المهارات.

لم يكن كلٌ من أينشتين وهوكنج عالمى رياضيات فقط فلقد تعلما الرياضيات التى تمكنهما من دراسة الفيزياء وصياغة أفكارهما فى أفضل صورة ممكنة. قام أينشتين بالاستعانة بصديقه مارسل جروسمان لتعلم طرق هندسة ريمان حتى يتناول الفضاء المنحنى. أما هوكنج المتلهف على استكشاف أسرار الثقوب السوداء في بداية الستينيات فقد أمطر روجر بنروز بالأسئلة حتى الطرق التوبولوچيا الجديدة لنظرية التفرد Signularity theory . وقد كان لكليهما القدرة على التقاط الحلول لمعظم المشاكل الشيقة.

كانت فكرة أينشتين عن الفضاء المنحنى معقولة نوعًا، ولكن لم تتضح كيفية تقنين هذا المنهج الجديد. لذلك بدأ أينشتين بالحلم بتجاربه الفكرية الشهيرة، كما فعل فى نظرية النسبية الخاصة.

وكان عليه أن يحول الأفكار النوعية التخطيطية إلى مجموعة من المعادلات التى تعطى الكمية الدقيقة لانحناء كمية كتلة معينة. وهذا التطور يعتبر من أكثر الأمثلة الإبداعية على قوة التفكير التجريدي المحض. وقد أطلق أينشتين على هذه الفكرة التى جعلته يبدأ فى هذا المجال :

أسعد فكرة فى حياتى ... !



أسعد فكرة لأينشتين

عندما كنت جالساً فى مكتب براءة الاختراع فى برن (١٩٠٧) خطرت على ذهنى فكرة مفاجئة، إذا سقط شخص ما سقوطًا حراً لن يشعر بوزنه. لقد كنت مروعًا فى وقتها وكان لهذه الفكرة البسيطة تأثير كبير علي دفعتنى لنظرية جديدة، وهى الجاذبية، وكانت هذه هى أسعد فكرة فى حياتى.

أدركت أنه ... بالنسبة للملاحظ يسقط سقوطًا حراً من سطح منزل، لا يوجد مجال جاذبية، على الأقل في الوسط المحيط به مباشرة، وإذا قام هذا الشخص لإلقاء أجسام أخرى (مثل كرات المدفعية عند جاليليو)، ستظل هذه الأجسام بالنسبة له فى حالة استقرار أو حركة منتظمة مستقلة عن طبيعتها الكيميائية أو الفيزيائية .

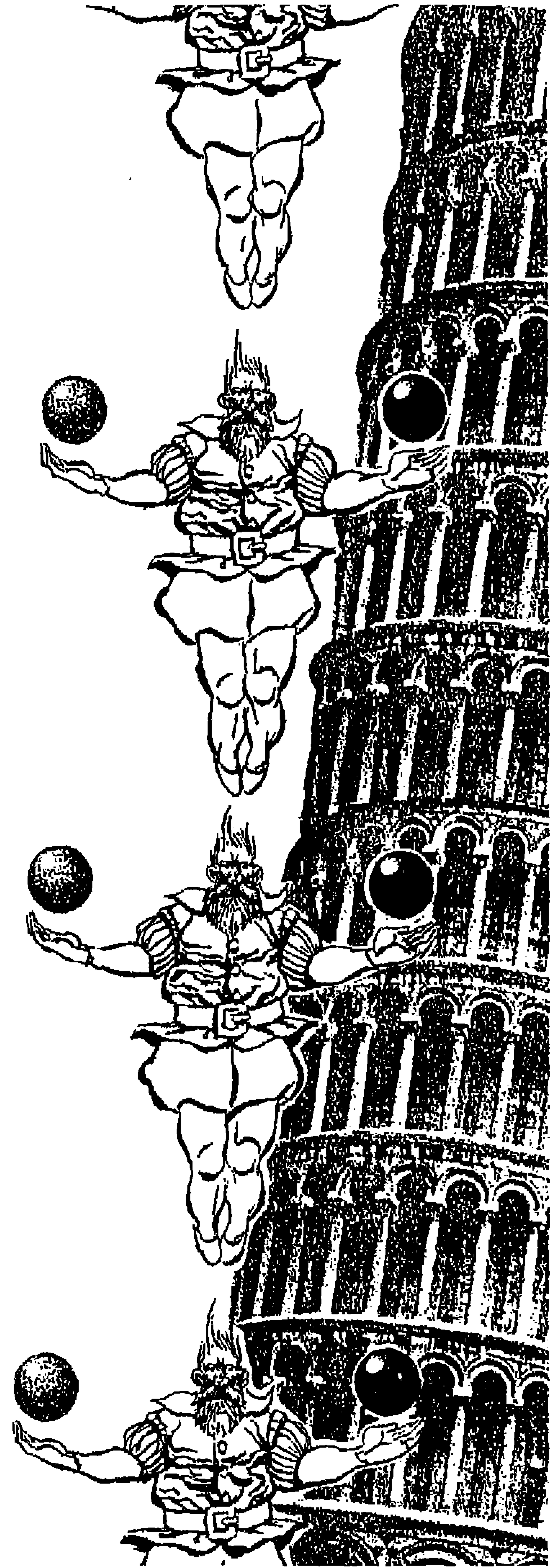
(وبالطبع نتجاهل هنا أثر مقاومة الهواء).

وبالطبع هذا الشخص له الحرية الكاملة فى وصف حالته بأنه فى حالة سكون أو حركة منتظمة ...



ثم أكمل قائلاً ...

وبسبب هذه الفكرة، فإن القانون التجريبى الغريب الذى ينص على أنه فى مجال الجاذبية تسقط كل الأجسام بنفس العجلة (وهى طريقة أخرى للقول بأن كتلة الجذب هى نفسها كتلة القصور الذاتى) قد حظى فجأة بمعنى فيزيائى عميق. وإذا وجد جسم واحد فقط يسقط بعجلة مختلفة عن عجلة سقوط الأجسام الأخرى، فبمساعدة هذا الجسم سيدرك الملاحظ أنه فى مجال جاذبية ويسقط فيه. أما إذا لم يوجد مثل هذا الجسم ـ كما بينت التجربة بدقة كبيرة بدءًا من جاليليو ـ فإن الملاحظ سوف يفتقر لأى وسيلة موضوعية تمكنه من إدراك سقوطه فى مجال جاذبية. لذلك فإن هذا الشخص له كل الحق لأن يعتبر نفسه فى حالة استقرار، وأن البيئة المحيطة به خالية من الجاذبية. لذلك فإن الحقيقة القائلة بعدم اعتماد عجلة السقوط الحر على طبيعة المادة تعتبر حجة قوية على أن مُسَلمة النسبية يمكن توسيعها لتنسيق الأنظمة التى فى حالة حركة غير منتظمة.



فكرة أينشتين عن عدم إحساس الشخص الذى يسقط سقوطًا حرًا بوزنه تبدو بسيطة إلى حد ما. وبداية من هذه النقطة قدح زناد فكره وبصيرته وأزال كل التناقضات فى نظرية نيوتن التي أبانتها بديهية وقوانين الفيزياء. وحول الصورة البسيطة لشخص يسقط عبر الفضاء إلى معمل صغير لا توجد فيه جاذبية. وعند ذلك استطاع أن يحلل تأثير الجاذبية على بعض الظواهر مثل انثناء شعاع الضوء أو تباطؤ الساعة، ببساطة بأن استبدل الحركة المتسارعة المصطنعة بمجال الجاذبية.

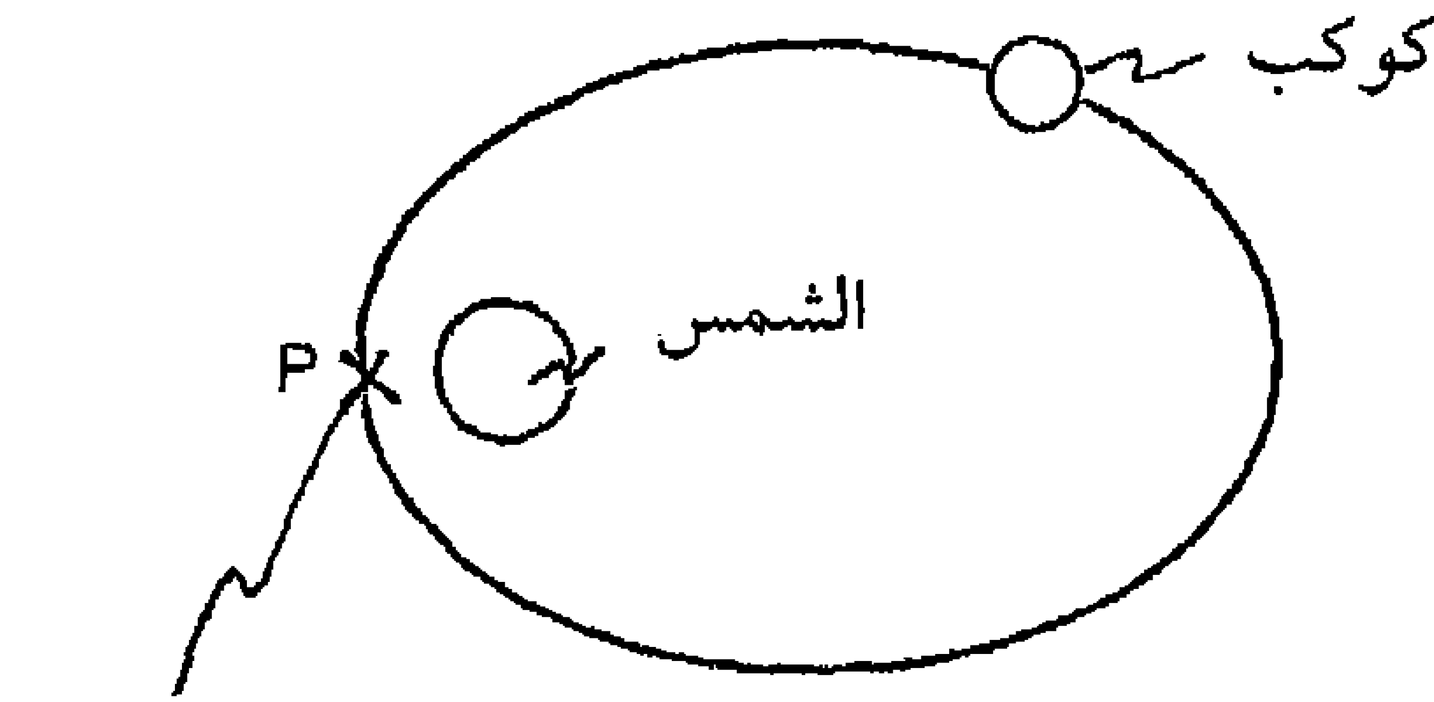
ومن خلال تفكير أينشتين فى شخص يسقط من على سطح فى برلين (أو هكذا تروى القصة)، استطاع أن يستبدل التسارع بالجاذبية ويكتشف مبدأ التساوى.

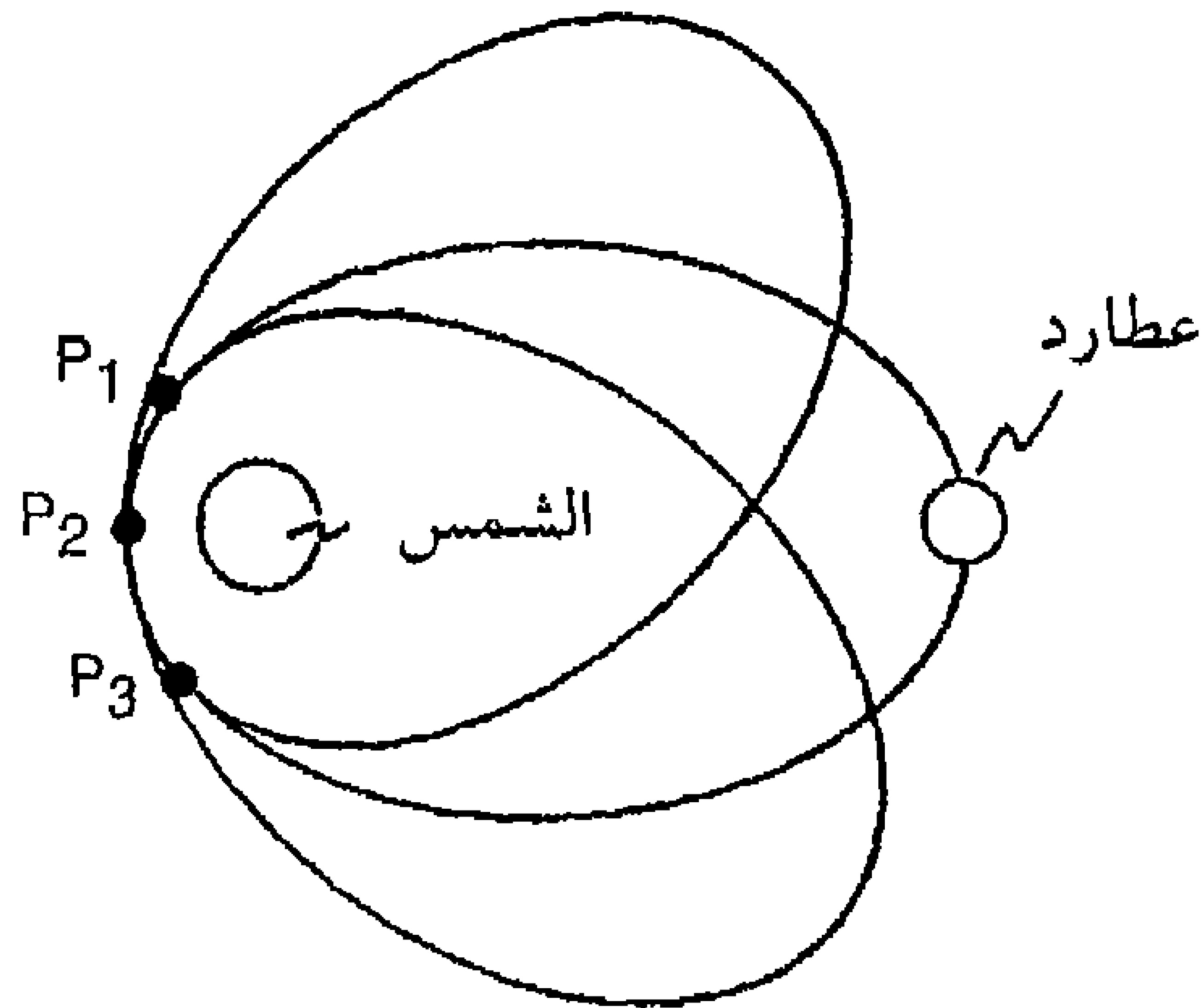


ويستطيع أينشتين الآن أن يستخدم مبدأ النسبية القوى (وهو ينص على أن القوانين الفيزيائية يجب ألا تعتمد على إطار مرجعى معين) لاختبار قوانينه الجديدة عن انحناء الفضاء. ولديه أيضاً مبدأ التساوى (الجاذبية تساوى العجلة) ليبدأ من خلاله، بالإضافة إلى بعض المعلومات التجريبية المفيدة.

الحضيض الشمسى لعطارد : من المشكلة إلى الحل

تذكر أن العلماء فى عصر نيوتن، لم ينزعجوا من التباين الصغير فى مدار عطارد الإهليجي؛ حتى لو لم يكن يعود إلى نفس نقطة البداية فى كل دورة. وفى أيام أينشتين كان علماء الفلك شديدى الانزعاج، فقد كانوا بحاجة إلى تفسير. وقد تم قياس التباين هذا بدقة عالية ليعطى ٤٣ ثانية بالتقدير الدائرى كل قرن، ولن يبتعد كثيراً. ويستطيع أينشتين الآن أن يستخدم نتائج الحضيض الشمسى لاختبار قانون الانحناء.





الحضيض الشمسى لعطارد يتقدم ٤٣ ثانية بالتقدير الدائرى كل قرن

العثور على المعادلة الصحيحة

قام أينشتين باستخدام المبادئ الثلاثة لاختبار معادلاته ... وهذه المبادئ هى :



وهذه المعادلات الأحدث تنبأت أيضاً بانحراف مقداره ١,٧ بالتقدير الدائرى بالنسبة لضوء النجم الذى يمر بجانب حافة الشمس وأدمج تنبؤه السابق عن تمدد زمن الجاذبية، أى اعوجاج الزمن.

وقدم أينشتين الصورة النهائية لقانون النسبية العامة عن الفضاء المنحنى والزمن المعوج للأكاديمية البروسية فى الخامس والعشرين من نوفمبر عام ١٩١٥.

بعد ذلك جلس ليكتب خطاباً إلى صديق حميم، وهو عالم الفيزياء الهولندى بول إيرنفست.



معادلات المجال : ماذا تعنى ؟

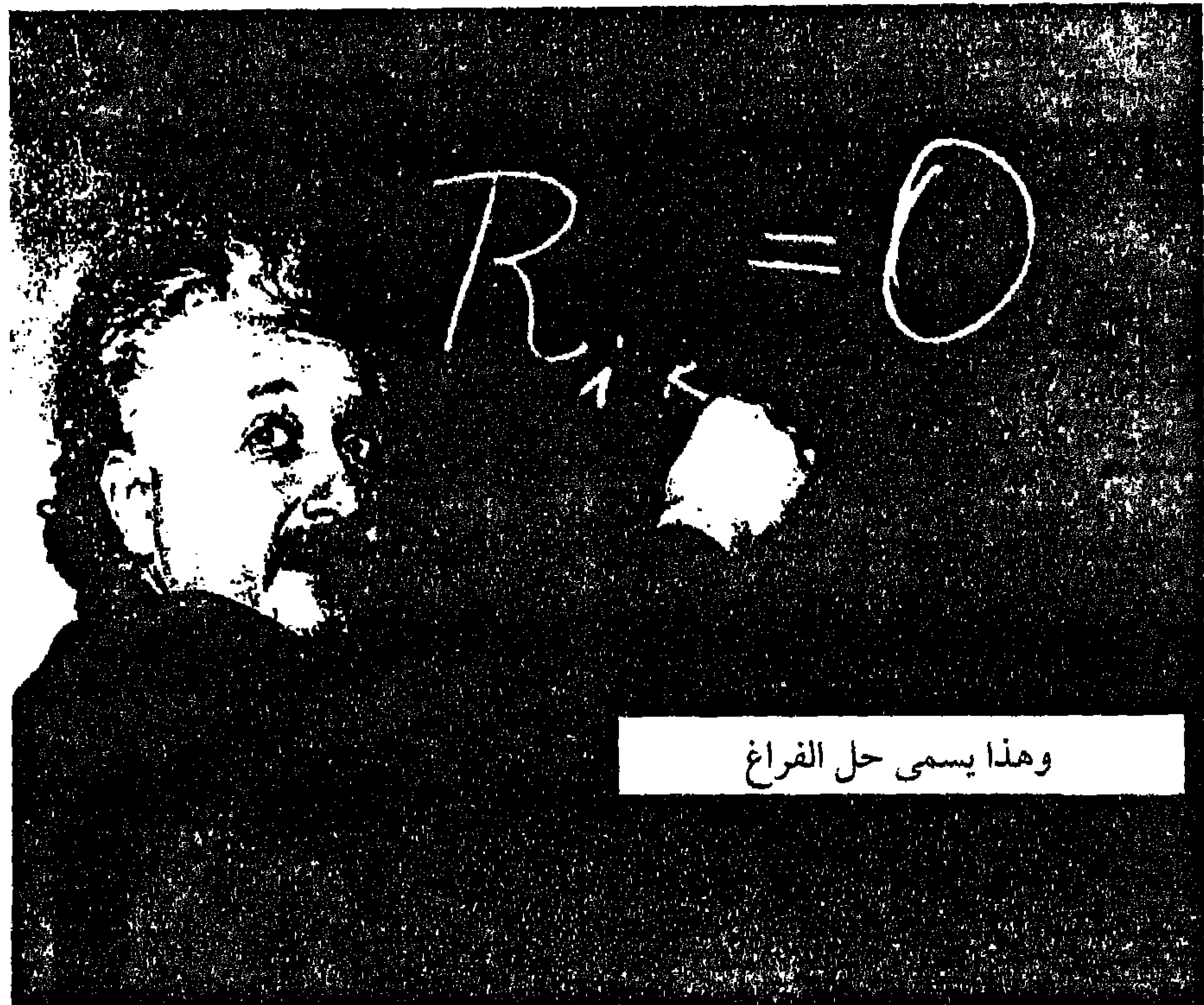
قام الأستاذ البالغ من العمر ٣٦ عامًا بوضع معادلات رياضية أعطت تفاصيل العلاقة بين انحناء الفضاء وتوزيع الكتلة فى الكون. وقد وجد أينشتين أن المادة تخبر الفضاء كيف ينحنى، ثم يقوم الفضاء بإخبار المادة كيف تتحرك ـ وهذه طريقة جديدة لوصف الجاذبية لا توجد قوى. ولكى يتمكن المرء من التحول بين هاتين الصورتين للجاذبية أن يقوم بقفزة عقلية.



وهذه المعادلات الخارقة تحتوى على تفسير انتقال الحضيض الشمسى لعطارد ودرجة انحناء ضوء النجوم ووجود موجات الجاذبية والمعلومات عن الزمكان ووصف تكوين النجوم النيوترونية والثقوب السوداء وحتى التنبؤ بتمدد الكون. هذه هى الأخبار الحسنة.

أما الأخبار السيئة فهى أن الرياضيات صعبة جداً، فهناك عشرون معادلة آنية بها عشر كميات مجهولة. وهذه المعادلات يستحيل حلها إلا فى بعض المواقف، حيث تقوم اعتبارات التماثل أو الطاقة باختزال المعادلات فى صور أبسط.

وإذا تجاهلنا الثابت الكونى «لمدا» وأخذنا فى اعتبارنا الفضاء الحر، حيث إن القوة الممتدة للكتلة تساوى صفراً يمكننا أن نكتب هذه المعادلات ببساطة شديدة ...



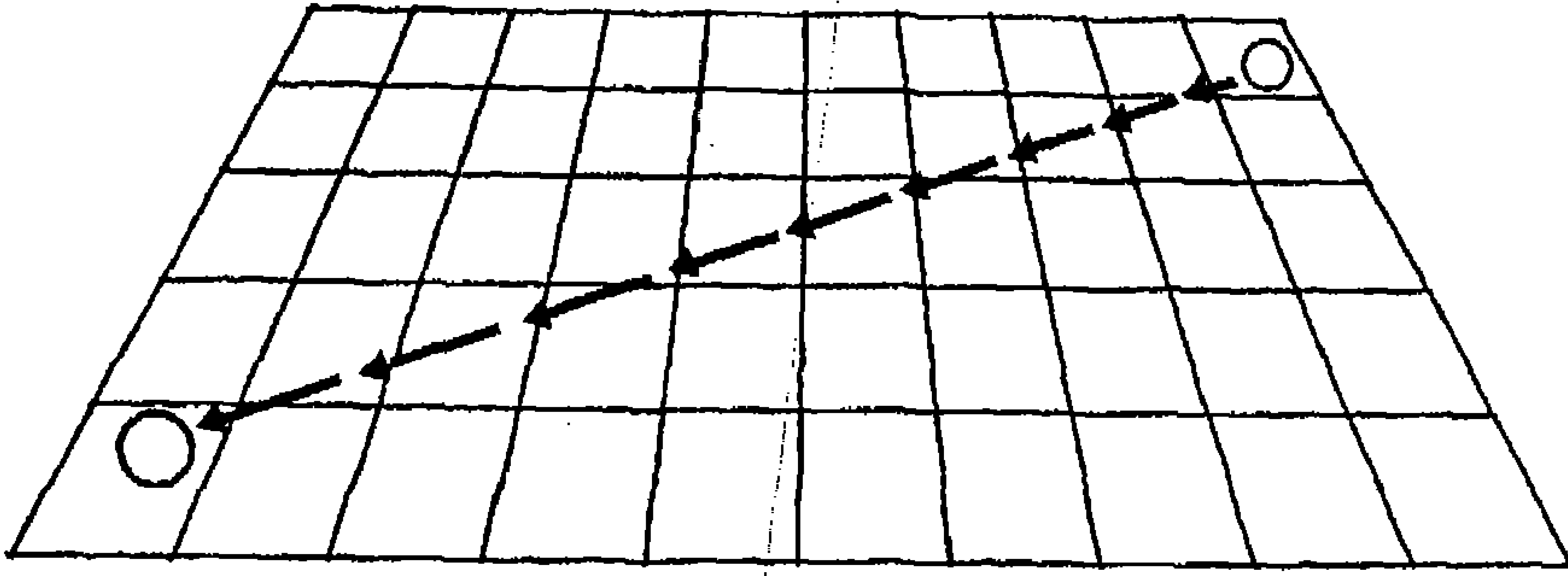
وهذا يسمى حل الفراغ

وهذه الصيغة أخذت شهرة واسعة عن طريق صورة شهيرة لأينشتين أثناء إلقائه محاضرة عن النظرية فى العشرينيات من القرن العشرين ، وهى تبدو سهلة !

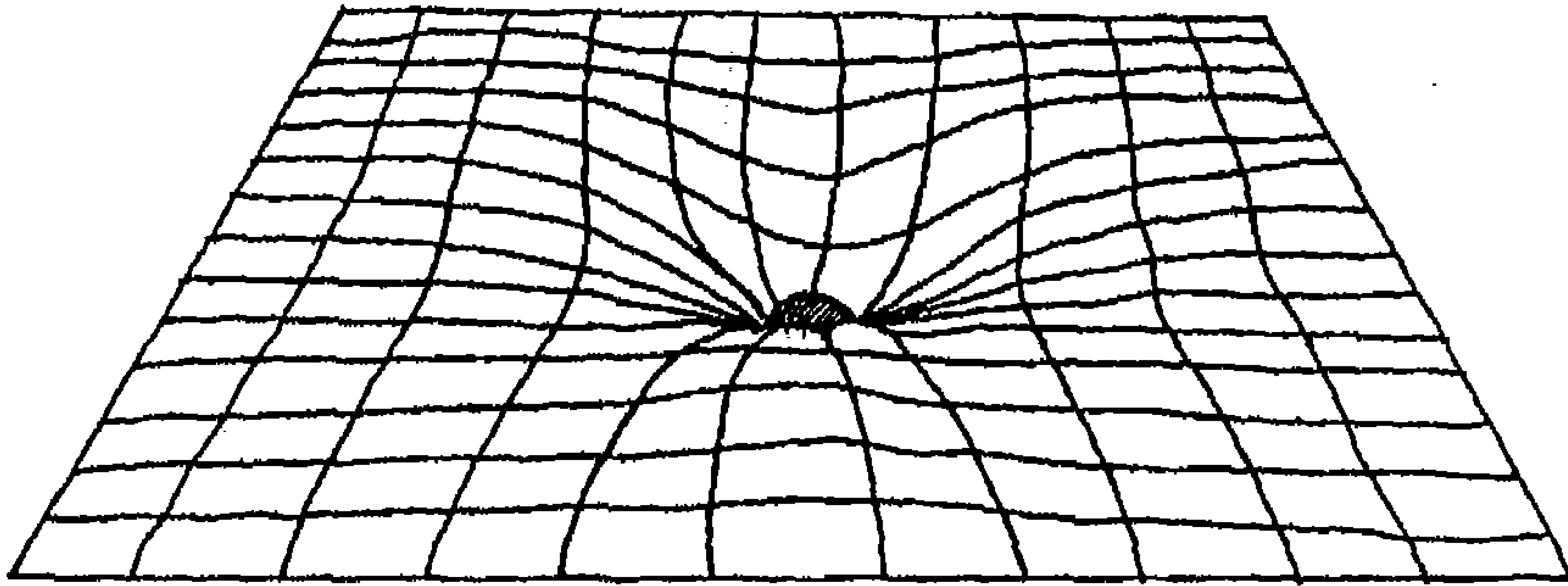
توضيح الفضاء المنحنى : نموذج الرقيقة المطاطية

تعتبر نظرية الجاذبية التى وضعها أينشتين غير عادية تماما عندما تتم مقارنتها بنظريات المجال الأخرى مثل الكهربية أو المغناطيسية. حيث إن وصف الحركة (أى كيف يتحرك الجسم) موجود بالفعل فى معادلات المجال (كيف ينحنى الزمان). ومن الممكن فهم ذلك من خلال نموذج بسيط يسمى الرقيقة المطاطية.

فإذا أخذنا فى اعتبارنا لوحة بلياردو تم فيها استبدال رقيقة مشدودة من المطاط القابلة المشمد بسطحها القرميدى وغطائها الكبارى. وإذا تدحرج جسم خفيف مثل كرة تنس الطاولة على هذه اللوحة فإنه يسير فى خط مستقيم نوعًا ما. وهذا يماثل الفضاء المستوى ومسار كرة تنس الطاولة يماثل الحركة فى خط مستقيم للنسبية الخاصة.

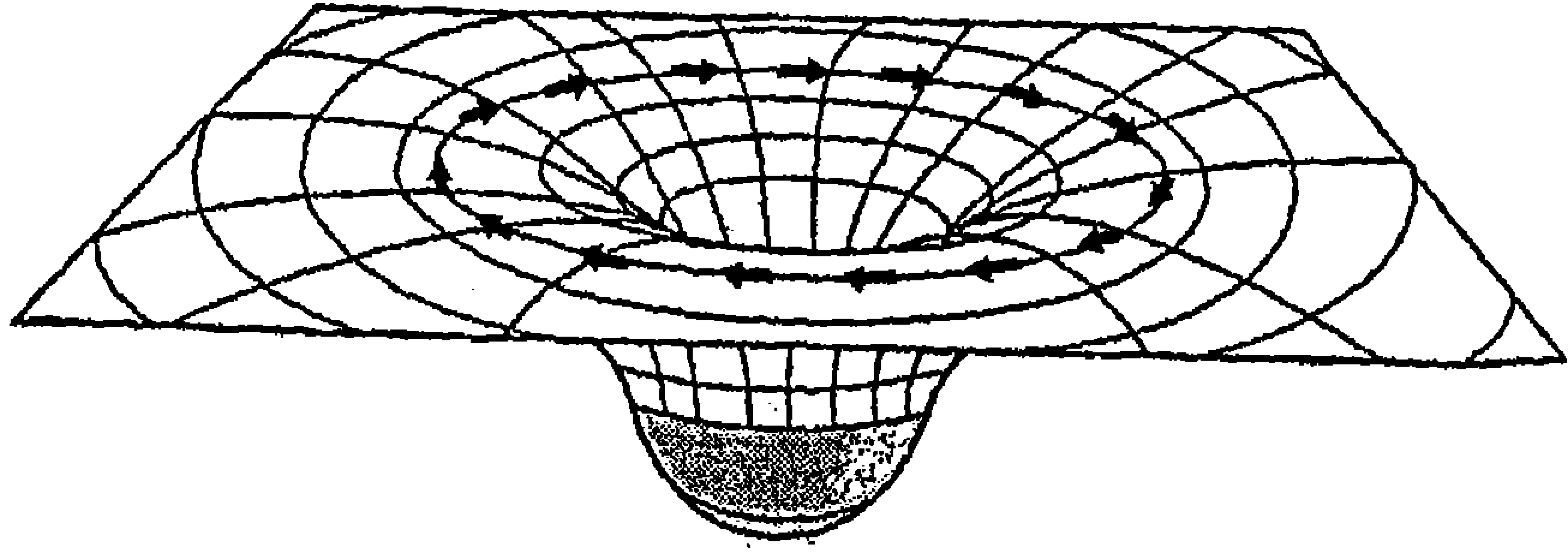


أما عند وضع كرة بلياردو ثقيلة عند مركز هذا اللوح فإنها تجعله ينحنى مكونًا انخفاضًا عند مركزه. هذا النموذج الآن يحاكى انحناء الفضاء بالقرب من الكتلة المركزية الذى تصفه النسبية العامة.

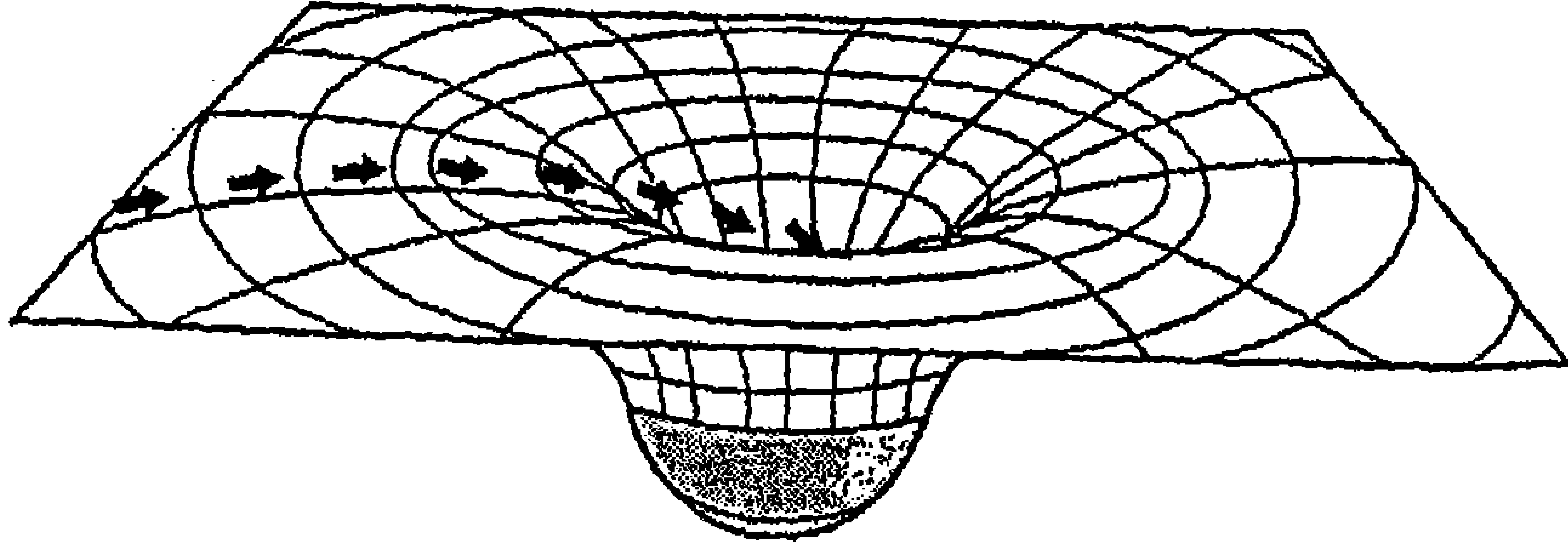


وأبسط حالة من حالات الحركة (غير الخط المستقيم) هي عندما يجذب هذا الانخفاض الجسم المتحرك ليكون مداراً دائرياً، لاحظ أن هذا لا يحتاج إلى أى قوة مركزية جاذبة للحفاظ على الجسم فى المدار، كما فى صورة نيوتن.

ويفضل الجسم دائما الحركة فى خط مستقيم ولكن انحناء الفضاء يجعله يتحرك فى دائرة حول المركز. وهو ببساطة يتحرك فى مسار أدنى مقاومة ممكنة فى هذا الفضاء المنحنى. وهذا هو تمثيل نظرية النسبية العامة لكيفية أسْر كوكب ما فى مدار حول الشمس.



أما إذا كان الجسم يتحرك فى خط مستقيم باتجاه المركز مباشرة، فى الانخفاض ويتسارع نحو المركز الجاذب، وهذا هو تمثيل تصادم النيازك مع الشمس أو الأرض.

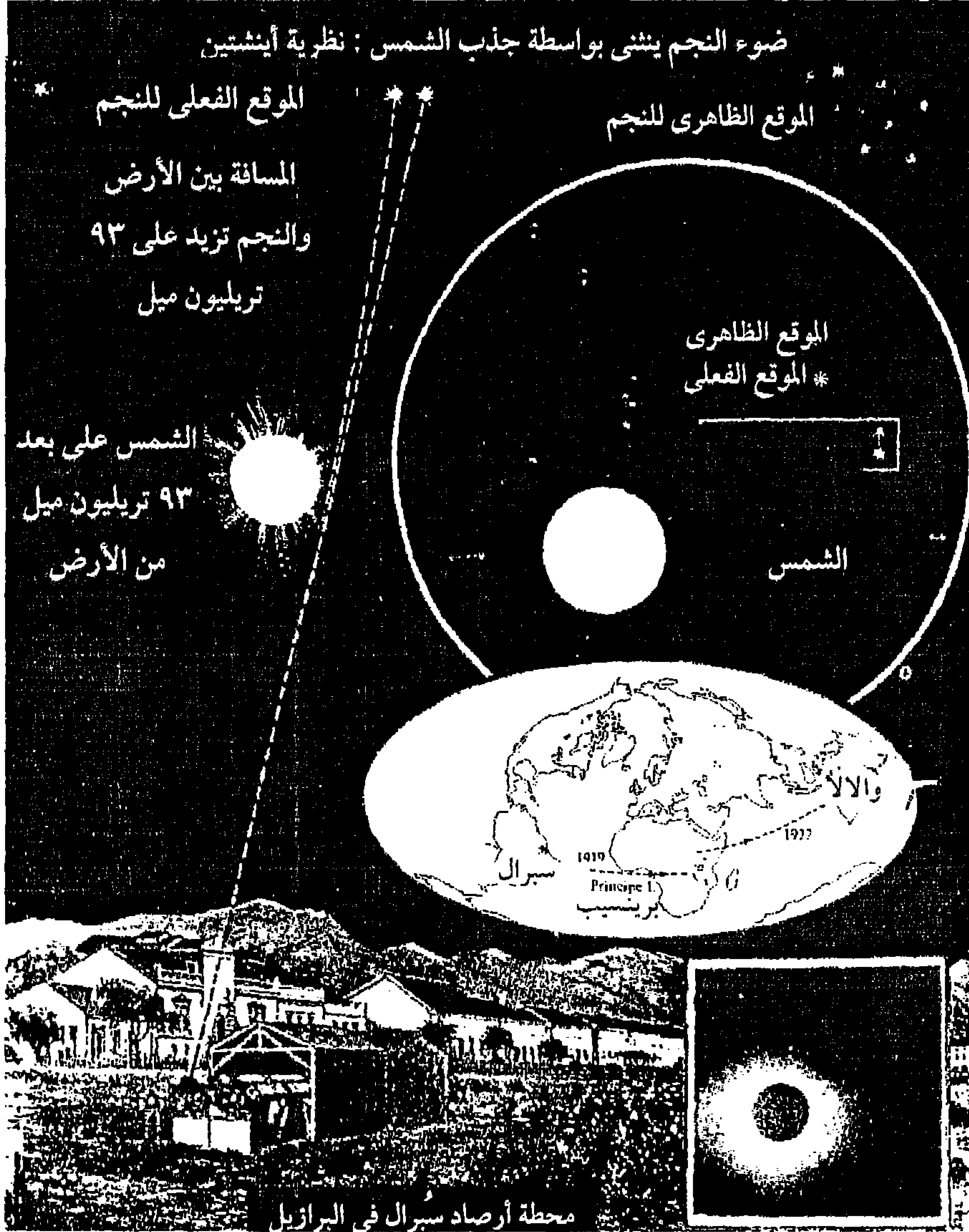


بمساعدة هذه الأشكال من الممكن تصور الاختلاف التام والواضح بين نيوتن وأينشتين، فقد قام أينشتين باستبدال الفضاء المنحنى بقوة الجاذبية عند نيوتن..

وعندما تم نشر هذه النظرية قوبلت بكثير من الشكوك فلم يرغب العديد من العلماء فى التخلى عن مخطط نيوتن. وكان هؤلاء المتشككون فى حاجة إلى مزيد من الأدلة.

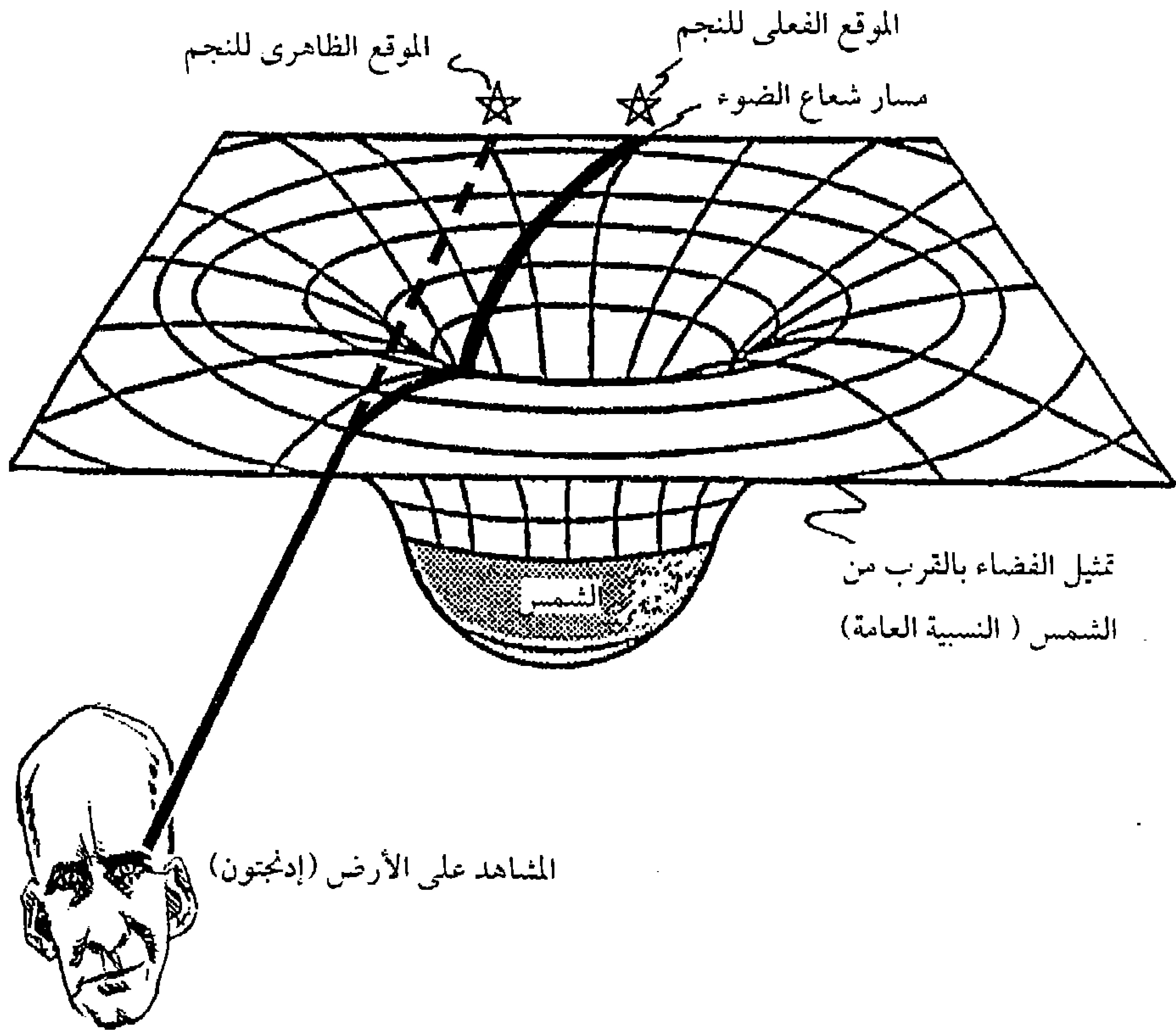
انثناء ضوء النجم : كسوف ٢٩ مايو ١٩١٩

بعد أربعة أعوام كان الوسط العلمى يترقب البرهان على تجربة اقترحها أينشتين فى بحثه الأصلى، ألا وهو انثناء ضوء النجم أثناء كسوف الشمس. وقد تنبأت النظرية بأن ضوء النجم الذى يمر بجوار حافة الشمس يعانى من انثناء عن مساره الأصلى بمقدار ١,٧ ثانية بالتقدير الدائرى. وكان هذا هو أول اختبار حقيقى للنظرية.



كان من المتوقع أن يحدث كسـوف كلي للشمس فى ٢٩ مايو ١٩١٩، فى وسط مجال ساطع من النجوم فى حـشد القلاص Hyades النجومى. وكانت هذه شـروط مثلى غير عادية لمثل هذه التـجربة. وقد قـاد عالم الفلك الإنجليـزى آرثر ستانلى إدنجـتون (١٨٨٢ - ١٩٤٤) بعثة إلى جزيرة «برينسيب» بالقرب من سواحل أفريقيا لتصوير هذا الكسوف.

وقد وجد إدنجتون أن أشـعة الضوء التى تركت سطح النجم قبل آلاف السنوات وثناها الفـضاء المنحنى قـرب الشـمس قبل ثمـان دقائق مـرت عـبر عـدساته وتعـرضت للألواح الفوتوغـرافية فى النقطة التى تحـدث عنها أينشتـين بالضبط. الآن اكتـملت واحدة من أبرز التجارب فى تاريخ العلم.

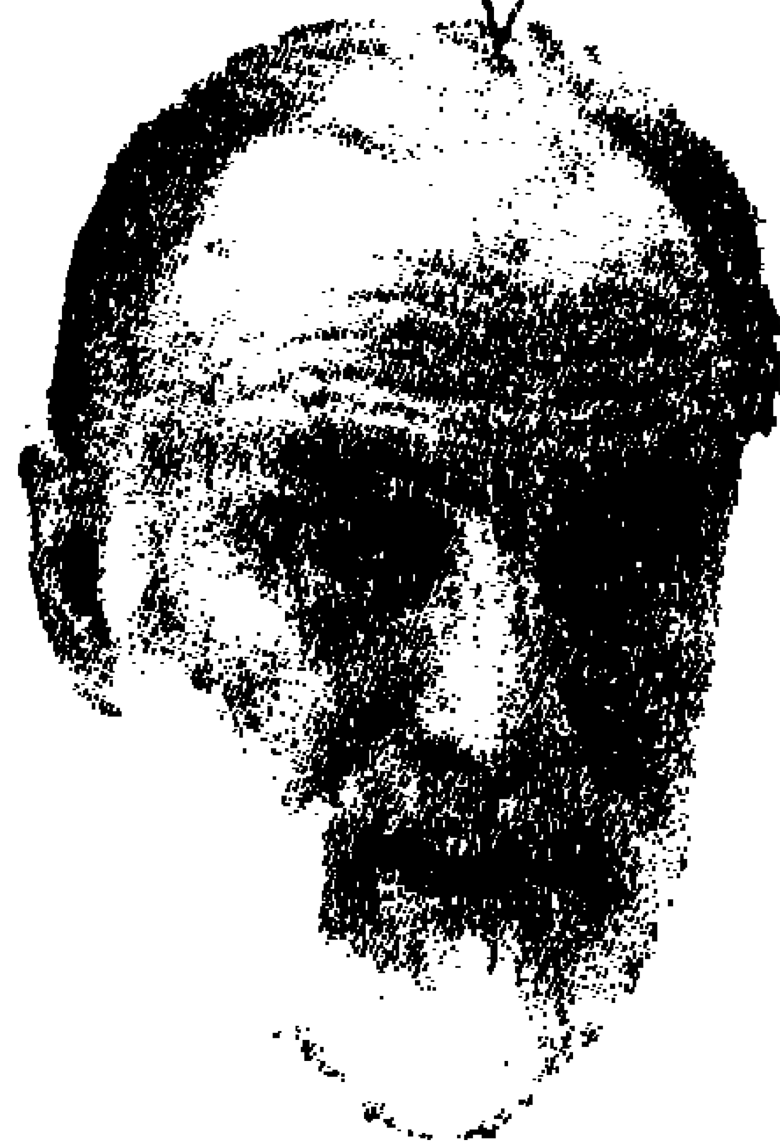


وقد جعل رسم الرقيقة المطاطية ثنائية الأبعاد لإزاحة النجم هذا التفسير أكثر بساطة.

تم عرض نتائج بعثة الكسوف بواسطة عالم الفلك فى الجمعية الملكية فى ٦ نوفمبر ١٩١٩ ، وأصبح أينشتين فجأة بطلاً دوليًا. وقد أوحت مانشتات جريدة نيويورك تايمز أن هناك كونًا جديدًا قد تم اكتشافه ... وفى هذه المرة لم يكن تعليق الجريدة مبالغًا فيه.

وقد لازم الإرهاق من الحرب هذا العالم الشاذ الذى جلس فى مكتبه ببرلين مع قلمه ولفافة ورق يتأمل التخطيط العظيم الذى وضعه الله لهذا الكون بأكمله.





قال الكثير من النقاد إن النتائج غير حاسمة وخاصة، واحتمالية الخطأ فى قياسات النجم كبيرة جدا ... لذلك استمرت الشكوك.

حل معادلات أينشتين : نقطة البداية لأبحاث هوكنج

لقد ظهرت العديد من الحلول لمعادلات المجال التى وضعها أينشتين فى ٢٥ سنة ما بين نشر نظرية النسبية العامة لأينشتين واندلاع الحرب العالمية الثانية. وهذه الحلول كانت أساسيات أبحاث هوكنج.



(١) هندسة شوارتز تشيلد

فى عام ١٩١٥ وهو نفس العام الذي نشر فيه أينشتين بحثه، أرسل عالم الرياضيات كارل شوارتزتشيلد بحثًا إلى أينشتين، وقام فيه باستخدام تحليل رياضى بارع لإيجاد حل دقيق لمعادلات أينشتين عن أى جسم كروى اعتباطى مثل النجم. وحير مثل هذا الحل أينشتين، وذلك لأنه هو ذاته استطاع فقط إيجاد حل تقريبى لمعادلاته، واعتقد أن مثل هذا الحل الدقيق لايمكن وجوده أبدا. وقد كان حل شوارتز تشيلد إنجازًا كبيراً وذلك بسبب البراعة الفنية المطلوبة لحل عشر معادلات تحتوى على عشرين كمية، وينتج عنها المئات من الحدود. ولم تكن هذه المعادلات معادلات جبرية بسيطة ولكنها معادلات تفاضلية جزئية غير خطية ثانوية، وهى كلها عبارة عن هلاك بالنسبة لكل طلاب الفيزياء.



وتستخدم الآن غرفة مليئة بالحاسبات لإيجاد مثل هذه الحلول ولكن شوارتزتشيلد قام بإيجاد أول حل مستخدما القلم والورق فقط.

نصف القطر الحرج

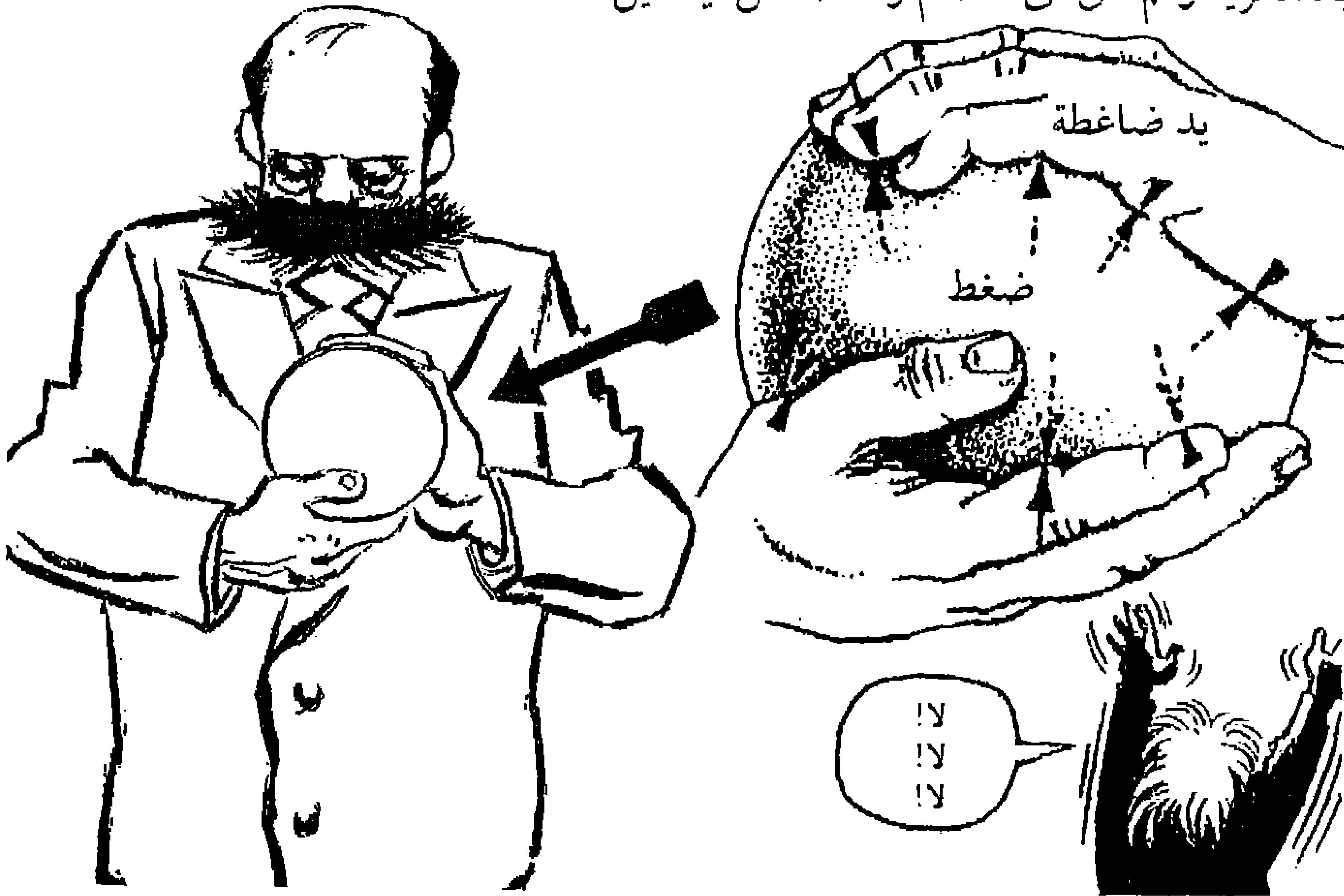
أوضحت رياضيات شوارتزشيلد كيفية تغير انحناء الفضاء حول أي جسم له أي كتلة ما تنوعت نتيجة للمسافة من مركزها (أي على امتداد نصف قطره). وقد أدت نتائجه إلى ظهور نوع غريب جدا من الهندسة. وكان يبدو أن هناك نقطة حرجة يكون الانحناء قويًا جدًا لدرجة أن المادة لا تستطيع أن تهرب منه. وتعرف هذه النقطة الآن باسم نصف قطر شوارتزشيلد وتعتمد فقط على كتلة الجسم وتعطى على الصورة :

$$\text{نق} = \frac{\text{٢ ج ك}}{\text{س ٢}} \quad \text{(نصف قطر شوارتزشيلد)}$$

(حيث ج هو ثابت الجاذبية، س هى سرعة الضوء)

ولم تَلْقَ هذه النقطة الحرجة اهتمامًا مباشرًا فى ذلك الوقت، حيث إنه لم يكن هناك طريقة لتصور ما بداخل النجوم والكواكب. ولكن كانت هناك توقعات لما يمكن حدوثه إذا وجد كوكب أو نجم يحقق هذه المعادلة. عند هذه اللحظة ستكون قوى الجذب كبيرة جدا لدرجة أنها ستؤدى إلى انهيار هذا الجسم بدون توقف، ولن يكون هناك شىء قادر على مقاومة الجاذبية الذاتية الناتجة عن الانحناء القوى فى الفضاء. وهذا يعنى أن كل المادة ستنضغط فى نقطة تفرد - أى نقطة واحدة عند المركز.

عند هذه النقطة سيكون حجم كوكب مثل الأرض مساويًا لحجم حبة البازلاء أو حجم نجم مثل الشمس سيكون عبارة عن كرة قطرها ٣ كم فقط. وقد قوبلت هذه الحسابات بالسخرية ولم تَلْقَ أى اهتمام وخاصة من أينشتين.



(٢) فريدمان : الكون المتمدد

وبعد مرور العديد من السنوات بعد شوارتزتشيلد ظهر حل آخر مثير للجدل لمعادلات أينشتين. ففى عام ١٩٢٢ وضع الروسى ألكسندر فريدمان فرضًا تبسيطيًا بأن الكون مملوء بانتظام بطبقة رقيقة من المادة. (وقد وضحت القياسات الحديثة صحة هذا الفرض بغض النظر عن تكون النجوم والمجرات).

وجد فريدمان أن النسبية العامة تنبأت بعدم اتزان الكون، وأن أى مقدار صغير من التشويش يجعل الكون يتمدد أو ينكمش.

وقد قام بتصحيح خطأ فى بحث أينشتين لعام ١٩١٧ عن علم الكونيات ليصل إلى هذه النتيجة. (وبالطبع لم يعجب أينشتين بهذا التنبؤ).

تذكر أن أينشتين أدخل حدًا صناعيًا (المبدأ الثابت الكونى) فى معادلات المجال عنده «ليوقف التمدد». وقد أخبره علماء الفلك فى ذلك الوقت أن الكون مستقر، لذلك فقد وضع هذا الثابت ليجعل النظرية متلائمة مع الواقع. بعد ذلك وصف أينشتين هذا الثابت الكونى بأنه أكبر خطأ فى حياته.

أسقط فريدمان هذا الثابت من المعادلات ليحصل على كون متمدد ولم يعجب به أينشتين بالطبع. وكان هذا حلاً آخر لمعادلاته قابله بسخرية.



ويمكن تلخيص تنبؤات فريدمان عن تمدد الكون إذا أخذنا فى اعتبارنا ثلاث قيم مختلفة لكتلة الكون بدلالة نسبة Ω (أوميجا).

- كثافة كتلة الكون أكبر من القيمة الحرجة :

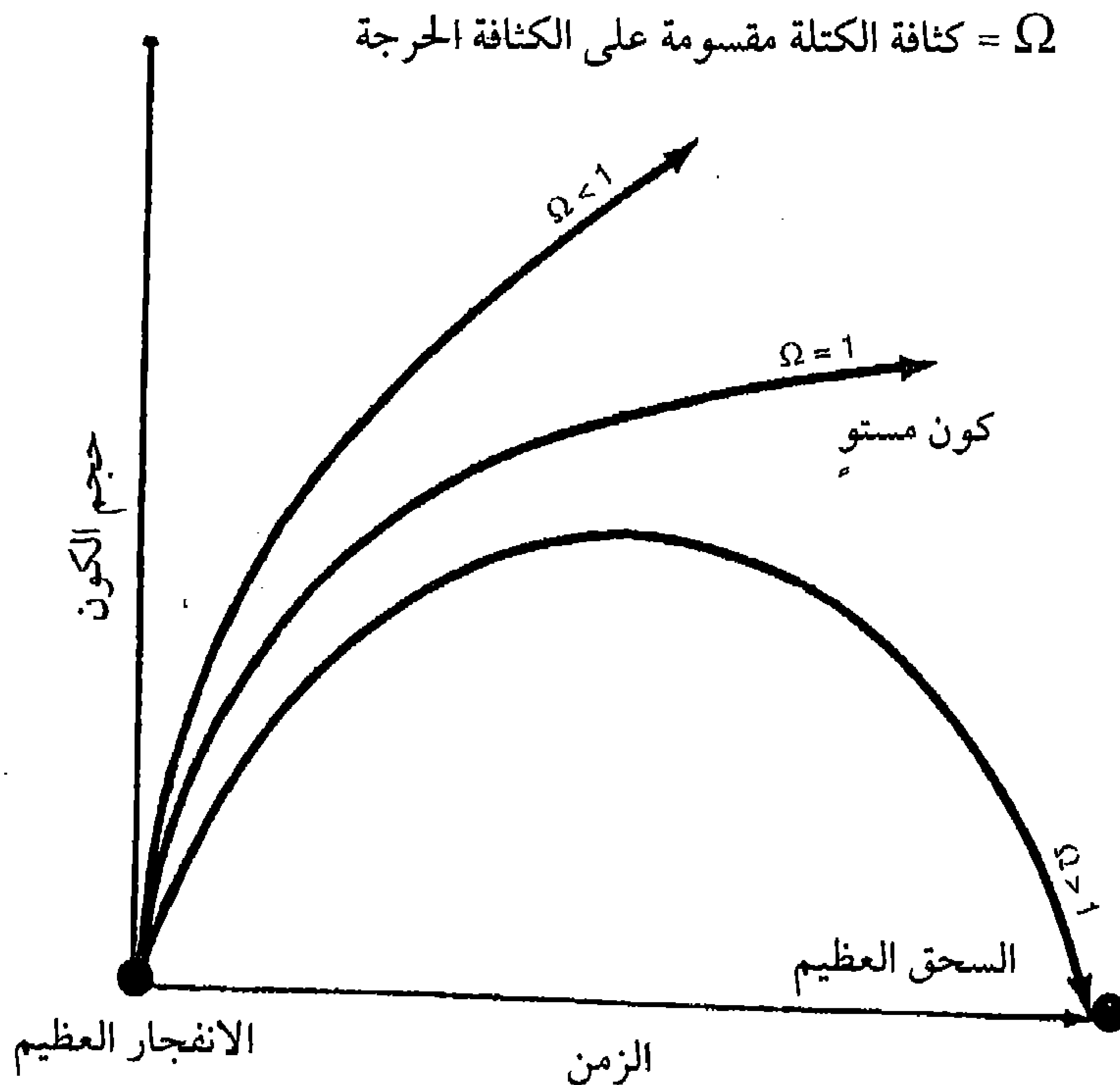
فى هذه الحالة يكون معدل التمدد بطيئًا بدرجة كافية، وكذلك تكون الكتلة كبيرة بدرجة كافية لإيقاف التمدد وعكسه. فى النهاية سيحدث سحق عظيم للكون حيث ستنجذب كل المادة فى الكون إلى نقطة واحدة • Ω > ١.

- كثافة كتلة الكون أقل من القيمة الحرجة :

سيكون معدل تمدد الكون أكبر بكثير ولن تستطيع الجاذبية إيقافه ولكنها تقوم بتقليل معدل التمدد إلى حد ما. Ω < ١.

- كثافة كتلة الكون مساوية القيمة الحرجة :

فى هذه الحالة يتمدد الكون بمعدل سريع بدرجة كافية لعدم انهياره. حيث تتناقص السرعة التى تبتعد بها المجرات عن بعضها تدريجيًا ولكن المجرات تبتعد دومًا عن بعضها البعض هذا الابتعاد • Ω = ١.



مؤسس الانفجار العظيم : هدف "لومتر" الأولى

كان عالم الكونيات البلجيكى القس جورج لومتر (١٨٩٤ - ١٩٦٦) أول من استخدم الحلول التى وجدها فريدمان لوضع صيغة لنموذج بداية الكون، أسماه الذرة الأولية أو البيضة الكونية.



وقد كان لومتر خيالياً حيث إنه سبق غيره فى نقطتين ، الأولى هى أنه يمكن التحقق من تمدد الكون بالنظر فى انحرافات الخطوط الحمراء فى أطياف المجرات. أما الثانية فهى اقتراحه بأنه من الممكن اكتشاف الإشعاع المتبقى من الذرة الأولية. وتسود هاتان الفكرتان علم كون الانفجار العظيم المعاصر فى آخر عقد من القرن العشرين.

وبحلول عام ١٩٢٩ قام عالم الفلك إدوين هابل (١٨٨٩ - ١٩٥٣) باستخدام تلسكوب هوكر فى مرصد قمة ويلسون الذي يبلغ قطره ١١٠ بوصة. في كاليفورنيا لاكتشاف المجرات، وتأكيد حقيقة أن الكون يتمدد. ولم يكن يعرف شيئًا عن نظرية أينشتين أو علم الكونيات الذى وضعه لومتر.



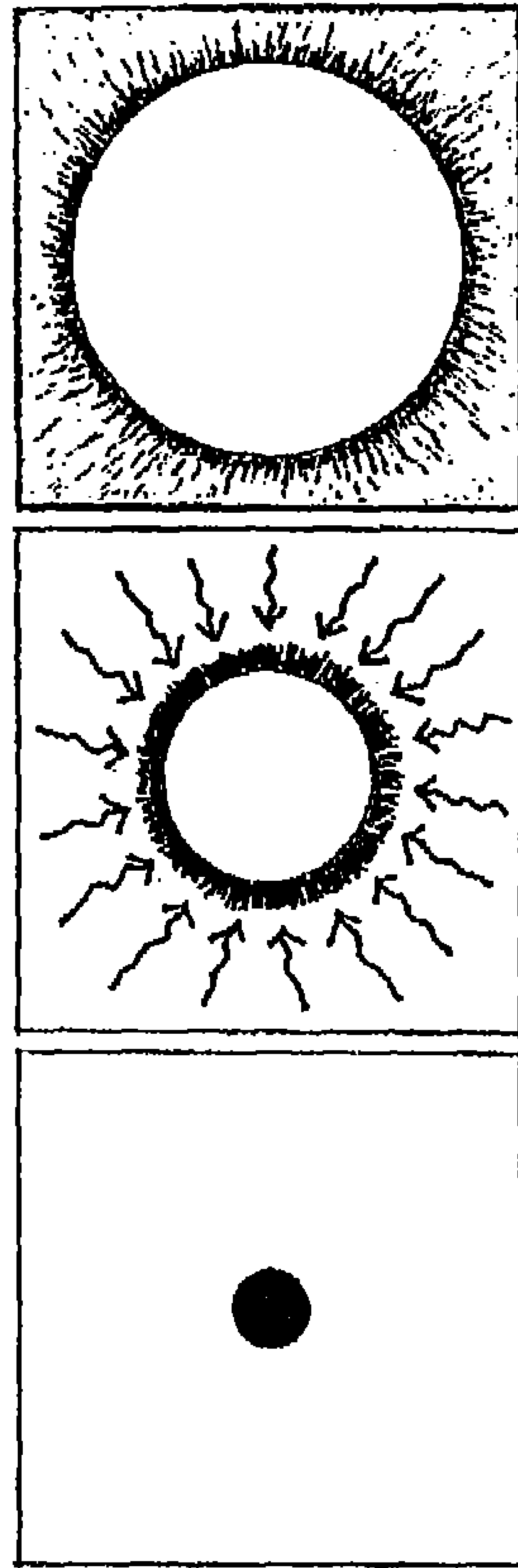
وأخيـراً فى عام ١٩٣١ ضيق لومـتر الخناق على هابل وأينشـتين في كالتش وألقى حلقة بحثية عن كونه النموذجى.



(٣) أوبنهايمر : في انهيار الجاذبية المستمرة

تم نشر الحل الثالث لمعادلات أينشتين (وهو مهم بالنسبة لعلوم الكون الحديثة وستيفن هوكنج على وجه الخصوص) بواسطة عالم الفيزياء الأمريكي روبرت أوبنهايمر (١٩٠٤-١٩٦٧) وأحد تلاميذه هارتلاند سنايدر في عام ١٩٣٩ . وقد قاما بدراسة مسألة هندسة شوارتزتشيلد بغض النظر عن نقد أينشتين وإدنجتون والعلماء الآخرين. وكان البحث المنشور في مجلة Physical Review بعنوان «عن انهيار الجاذبية المستمرة ».





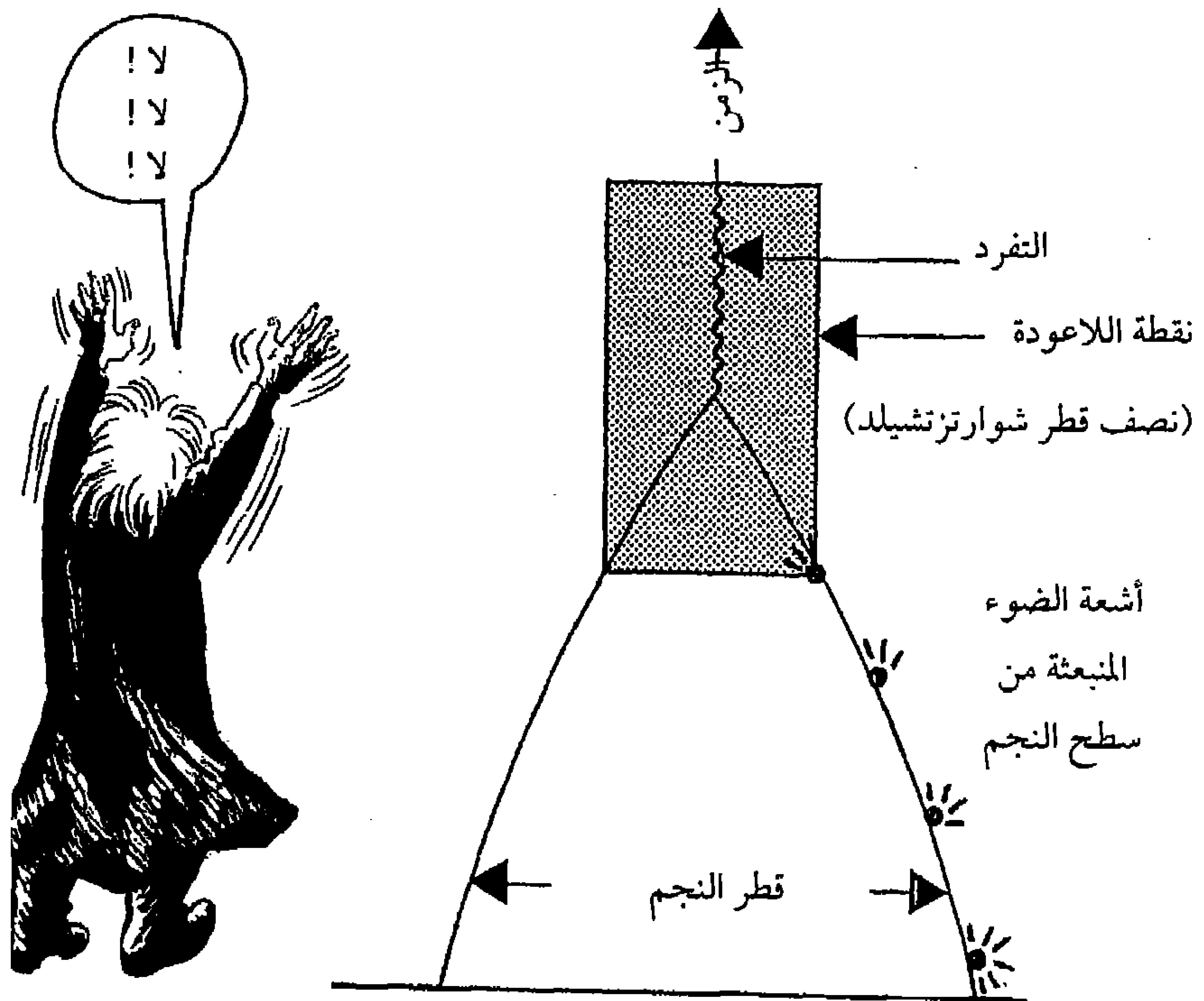
ربما تحترق النجوم في النهاية تبدأ في الانهيار بفعل الانكماش الناتج عن الجاذبية. وفي نموذج النجم الكروي المنكمش من الممكن أن تحدث ظاهرة الانضغاط، والتي يمكنها أن تجلب النجم إلى نصف القطر الحرج Rc. سيحدث انهيار جاذبية مدمر للنجم المنهار عند نصف القطر الحرج.

ـ سيكون انحناء الفضاء حادًا جدًا لدرجة أن أشعة الضوء المنبعثة من سطح النجم ستنثنى إلى داخل النجم حاجبة بذلك كل الأحداث عن المشاهد الخارجى.

ـ سيتم إزاحة أشعة الضوء عند سطح النجم نحو الأحمر بطريقة لا نهائية ، وهذا يعنى أن الضوء لا يحمل أى طاقة.

ـ سيتشابك أفق حدث أحادى الاتجاه حيث تدخل الجسيمات، الإشعاع، إلخ فى النجم، لكن لا يمكن انبعاث أى شىء.

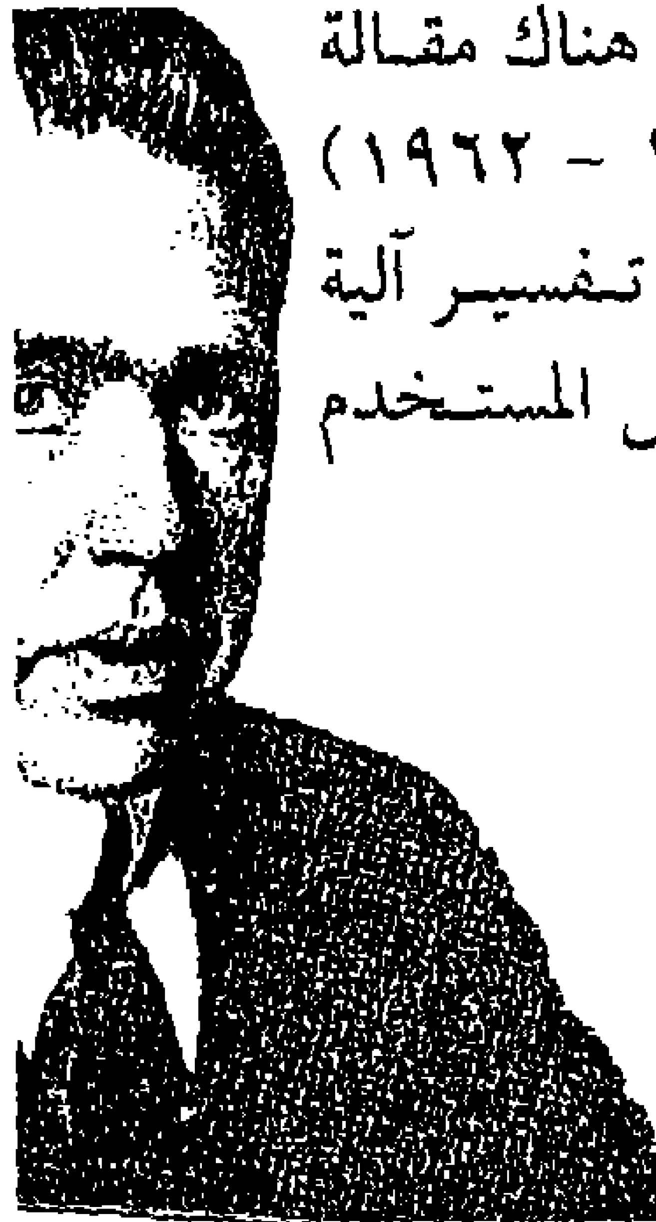
ـ سيكون تفرد زمكان فى النهاية عند مركز النجم، لا عند نصف القطر الحرج. وفى هذه الحالة تكون كل ظواهر الفيزياء متحققة بالنسبة لمشاهد يسقط مع سطح النجم المنهار.



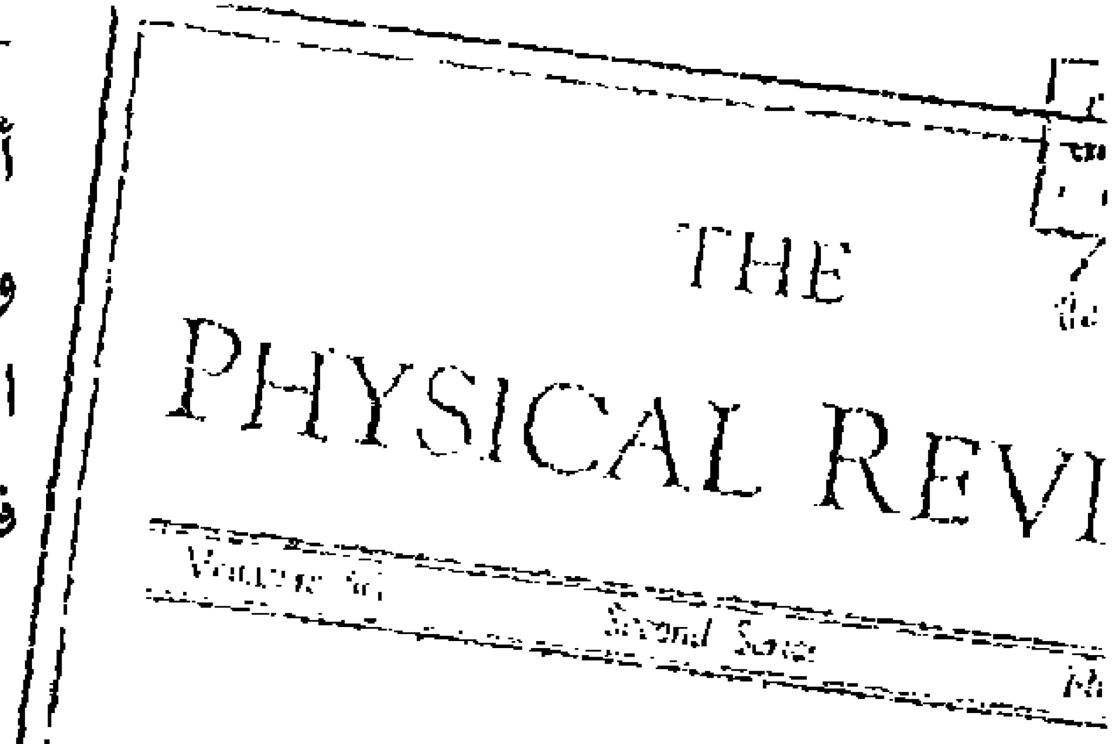
ومرة أخرى قاوم أينشتين الفكرة، وقد سخر من نتائج أوبنهايمر بشدة. وفى الصحافة رفض حتى فكرة أن النسبية يمكن أن تقوم بوصف النجوم المنهارة، والتى لم تصل إلى النقطة الحرجة (وهى تسمى بـ النجوم النيوترونية) بالرغم من التنبؤات المستقلة قام بافرتس التى وجدها فريتز زويكى (١٨٩٨-١٩٧٤) فى «كالتش» وليف لاندو (١٩٠٨-١٩٦٨) فى موسكو.

١ سبتمبر ١٩٣٩

- تاريخ نشر عدد مجلة Physical Review الذى يحتوى على مقالة لأوبنهايمر (وسنايدر) تصف انهيار الجاذبية للنجم.



- فى نفس العدد كانت هناك مقالة أخرى لنيل بور (١٨٨٥ - ١٩٦٢) وجون ويلر (ولد ١٩١١) تفسير آلية الانشطار النووى (التفاعل المستخدم فى القنبلة الذرية).



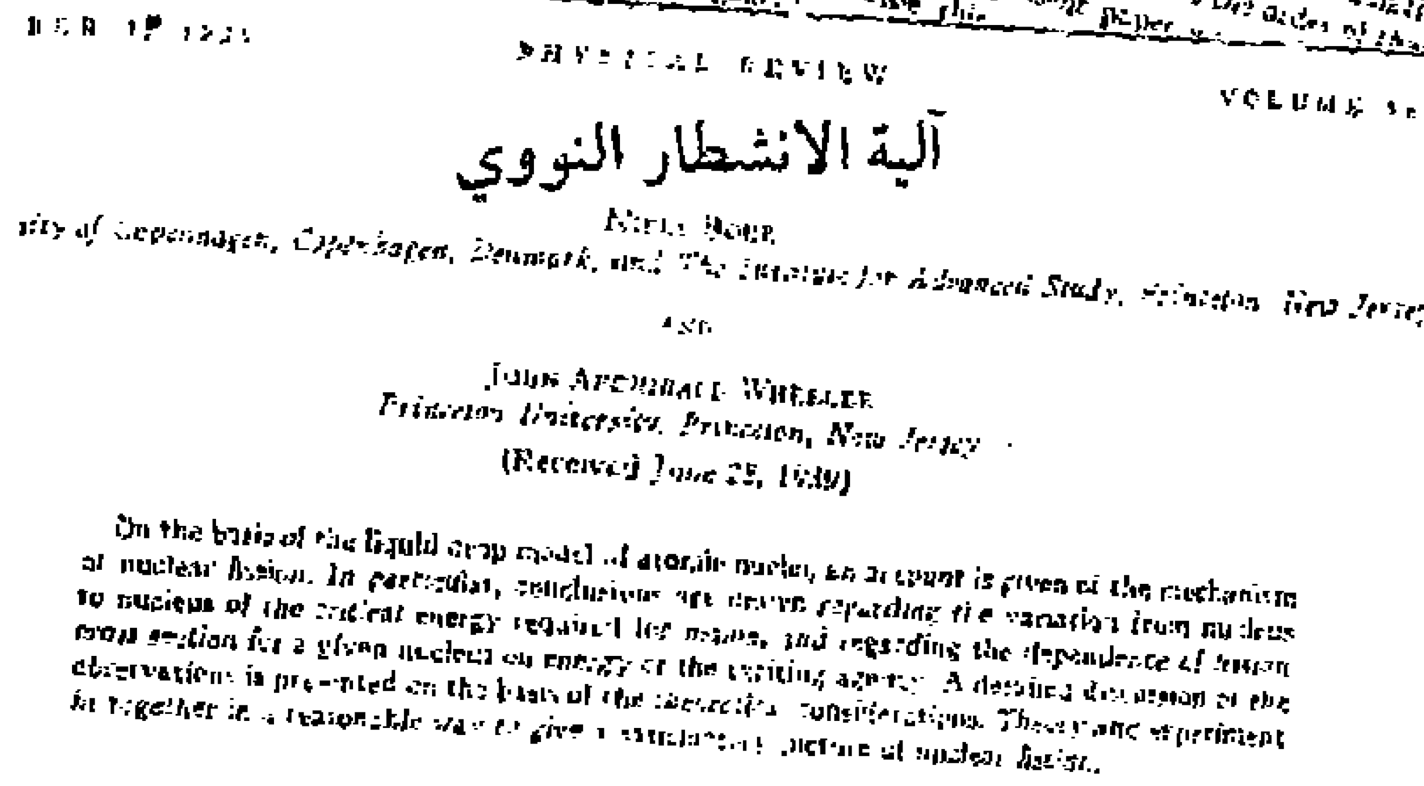


SEPTEMBER 1, 1939

PHYSICAL REVIEW

عن تقلم الجاذبية المستمر

J. R. Oppenheimer and H. Snyder
University of California, Berkeley, California
(Received July 10, 1939)



PHYSICAL REVIEW

آلية الانشطار النووي

Niels Bohr
University of Copenhagen, Copenhagen, Denmark, and The Institute for Advanced Study, Princeton, New Jersey
and
John Archibald Wheeler
Princeton University, Princeton, New Jersey
(Received June 28, 1939)

On the basis of the liquid drop model of atomic nuclei, an account is given of the mechanism of nuclear fission. In particular, conclusions are drawn regarding the variation from nucleus to nucleus of the critical energy required for fission, and regarding the dependence of fission cross section for a given nucleus on energy of the exciting agency. A detailed discussion of the observations is presented on the basis of the theoretical considerations. Theory and experiment fit together in a reasonable way to give a satisfactory picture of nuclear fission.



فى نفس الوقت قامت قوات هتلر بغزو بولندا بادئةً بذلك الحرب العالمية الثانية.

عندمـــا اكـتـشـف الألمانيـــان أوتو هان (١٨٧٩-١٩٦٨) وفـريتس سـتـراسـمـان (المولود ١٩٠٢) الانـشطار النـووى حـذر الفـيزيائيـون والسـياسـيون فى الغـرب بأن الألمان على وشك إنتاج قنـبلة ذرية يحولون بهـا العـالم إلى امبـراطورية نازية،أى دولة ألمانية ثالثة تحكم بالتهديد بالتدمير النووى. وهكذا من السـهل أن نعـرف سبب تأجـيل علم الكونيـات. فالـتأمل فى أسـرار الكون الفـيزيـائى فى مثل هذه الأزمـة السـيـاسـيـة الحادة كـان بمثابة ترف لا يقـدر عليه العالم الحر.



هذا بالإضافة إلى أن مؤسس النظرية العامة رفض كل التنبؤات الجذرية لعلم الكونيات المبنية على مـعادلاته والتى قدمـها شوارتزتشـيلد وفريدمان وأوبنهـايمر . وقد انقـضى بعد ذلك عشرون عامًا حتى يتم استئناف هذا العمل وتقدير آثار هذه الحلول.

١٩٤٢ ... نقطة تحول فى هذه القصة

فى عام ١٩٤٢ بدأ علماء الفيزياء يركزون على مشروعات علمية إلى حد بعيد. رحل أوبنهايمر وهو من أبطال البحث السابق فى علم الكون عن المناخ العلمى الرائد فى بيركلى إلى الشقق الخالية فى لوس ألاموس ومشروع مانهاتن. وقد توصل الإيطالى إنريكو فرمى (١٩٠١ ـ١٩٥٤) وفريقه البحثى فى جامعة شيكاغو إلى أول تفاعل نووى متسلسل تحت التحكم فى ديسمبر عام ١٩٤٢. وفى بداية نفس العام فى ٨ يناير ولد ستيفن ولير هوكنج فى أوكسفورد . وكانت والدته قد رحلت لتوها عن لندن لتجنب الغارات الليلية للقوات الجوية الألمانية.



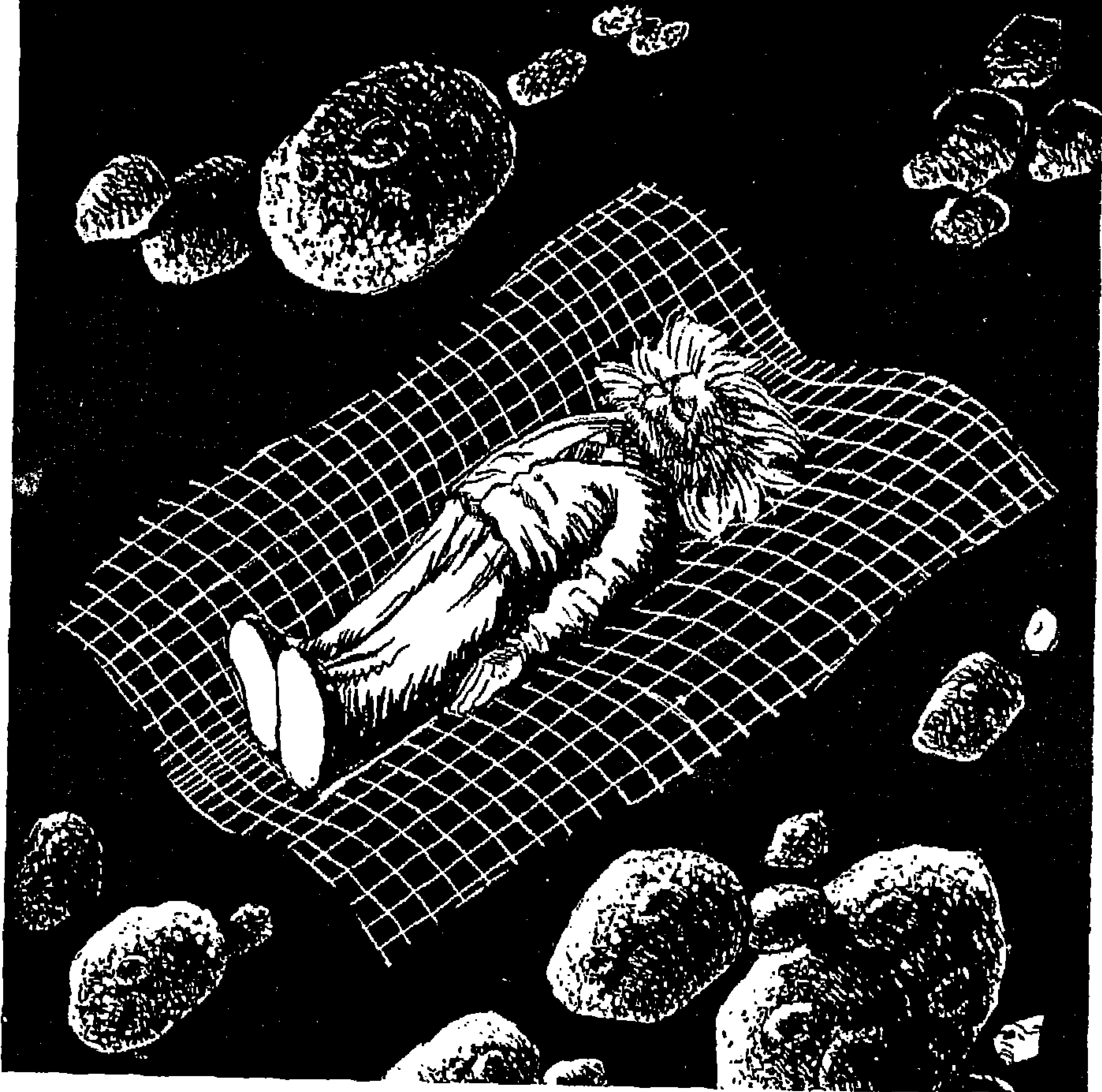
وقد تم التوقف عن البحث فى النجوم المنهارة لمدة عشرين عاما، وكانت تلك الفترة كافية ليكبر فيها هوكنج إلى سن النضج ويكمل دراسته فى أوكسفورد ويقوم بالتسجيل فى الدراسات العليا فى جامعة كمبردج.

وفاة أينشتين

توفى ألبرت أينشتين فى ١٨ ابريل ١٩٥٥ فى برنستون (مدينة صغيرة فى ولاية نيوجرسى فى الولايات المتحدة الأمريكية). وقد أوصى أن يحرق جسده لكى «لا يتعبد أحد على عظامى» بالرغم من وصيته قام بعض الأطباء عديمو الأخلاق بإجراء تشريح غير ضرورى لجثته واستأصلوا عينيه ومخه فى جريمة غادرة للتعدى على حرمة جسده.

وقد ترك أينشتين أوربا ورحل إلى أمريكا فى عام ١٩٣٣ بكل أعماله الإبداعية الحقيقية. وفى خلال آخر ٢٢ عاماً من حياته لم يقم بالبحث فى أى من الأسئلة الكونية المهمة التى نتجت عن نسبيته العامة. وعكف لعدة سنوات على محاولة توحيد معادلات المجال للنسبية العامة مع معادلات ماكسويل للمجال الكهرومغناطيسى متجاهلاً ميكانيكا الكم.

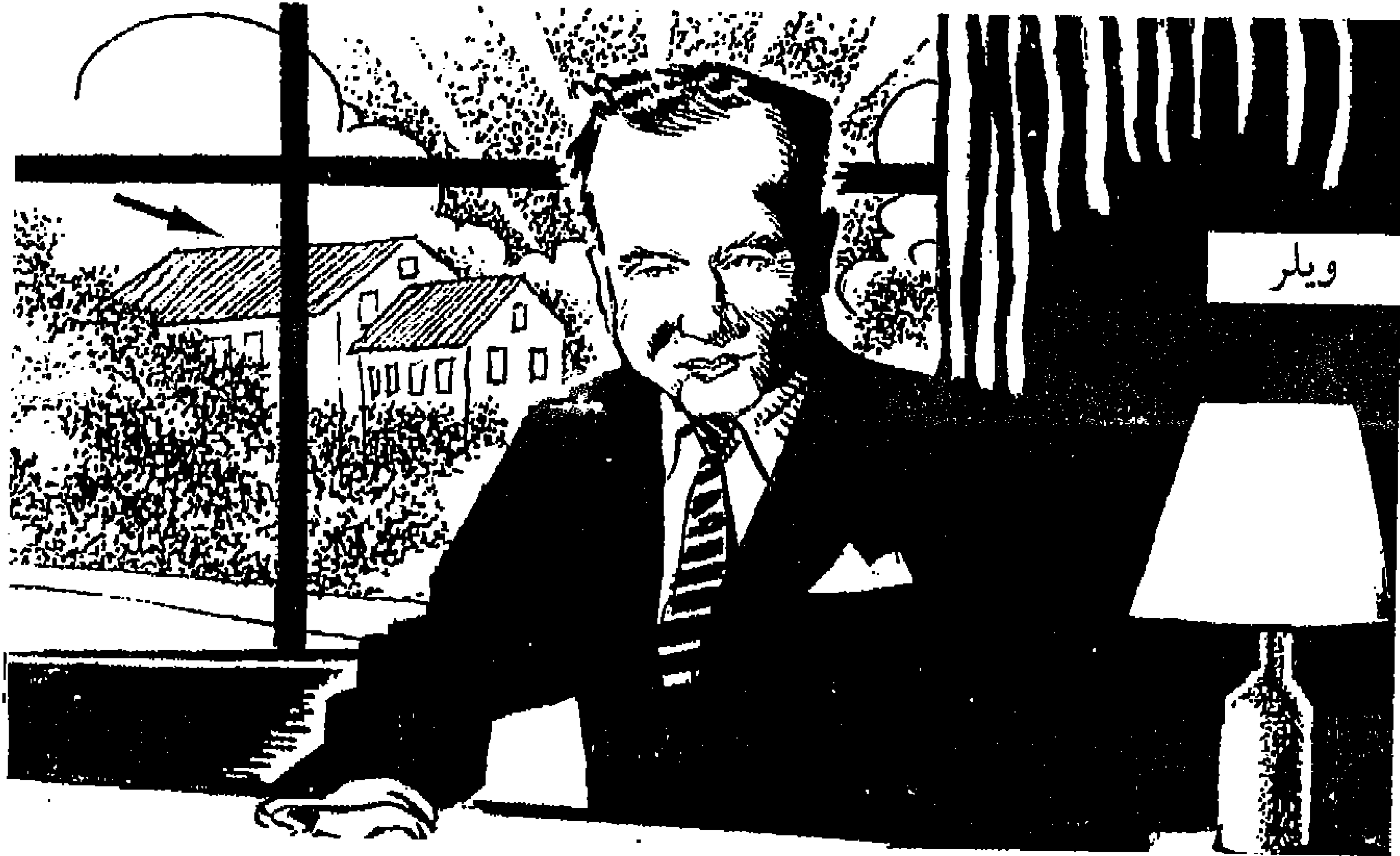
ووجد حسابات نظرية المجال الموحد بجانب سريره.



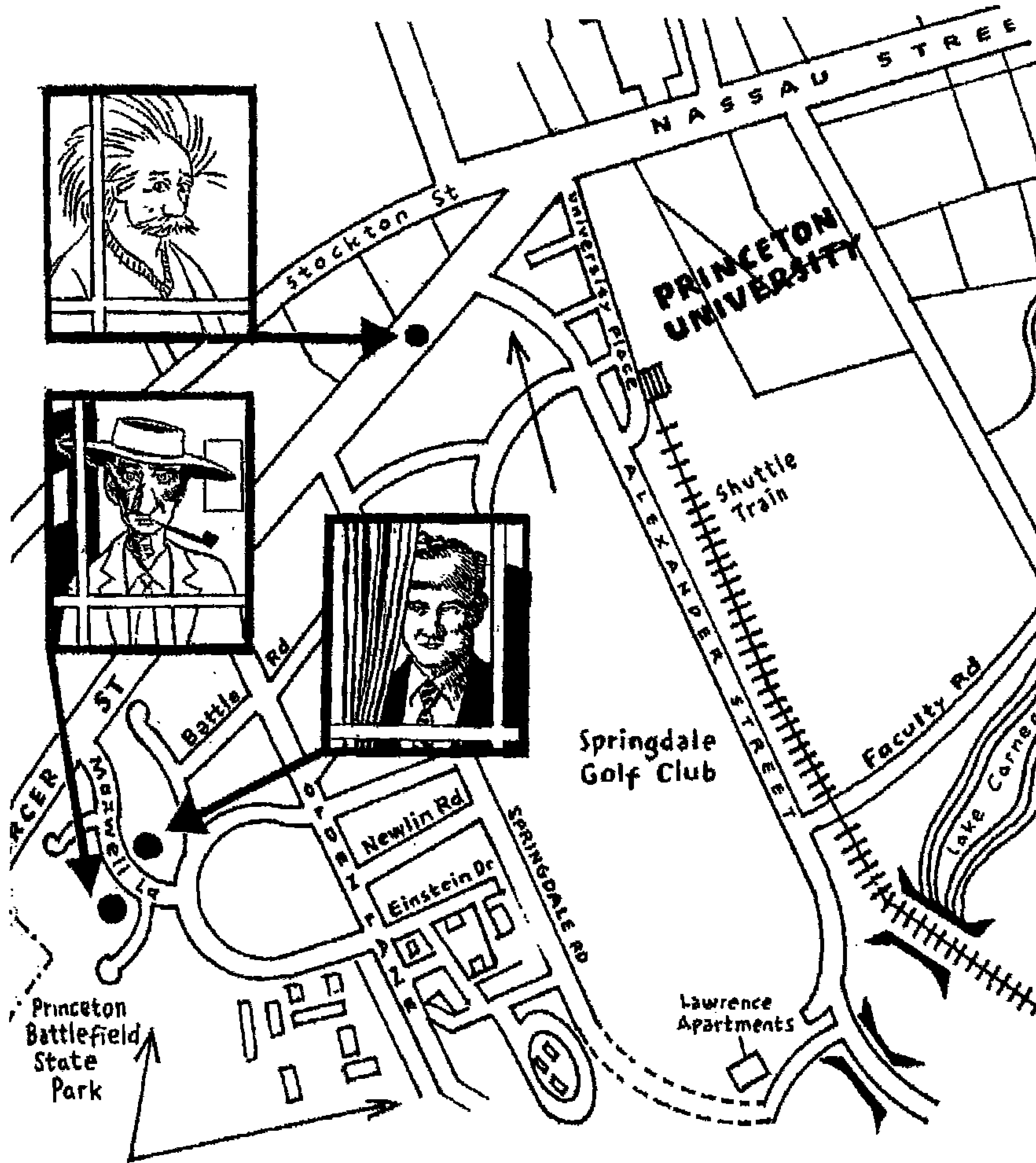


نعى موت هذا العالم الجليل عالما فيزياء آخران كانا يعيشان فى برنستون

الأول أوبنهايمر الذى لم يعد مشغولاً بالحرب، وكان يشغل منصب مدير معهد الدراسات المتقدمة (حيث كان أينشتين يشغل منصبًا شرفيًا). والثانى جون ويلر أستاذ الفيزياء فى جامعة برنستون. وكان ويلر قد أنهى لتوه سنوات حرجة فى دراسة القنبلة الهيدروجينية ، وعاد فى هذه الفترة إلى البحث الأساسى فى علم الكونيات باهتمام خاص بالنجوم المنهارة.

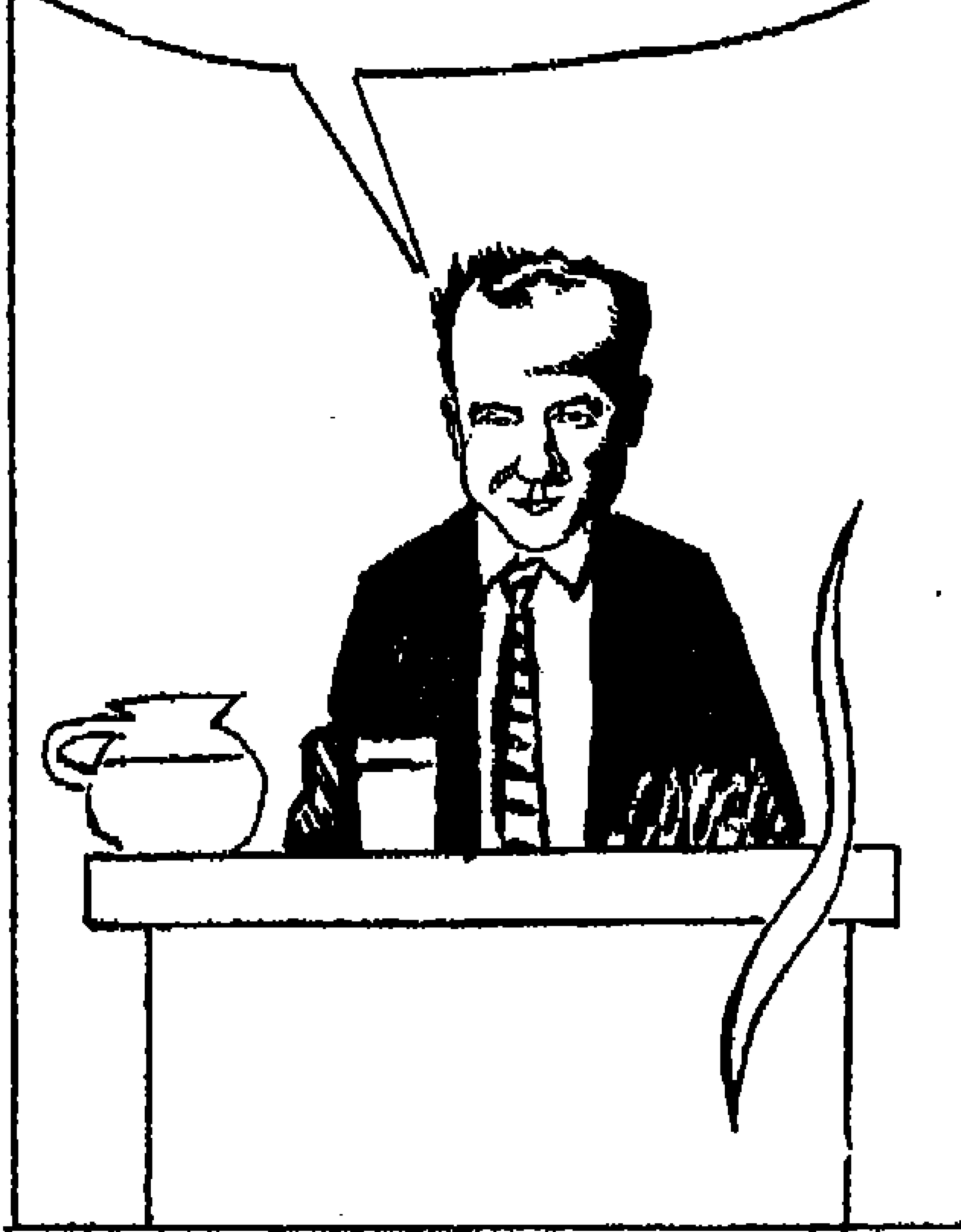


مـا أجمل أن يعـيش هذان العـالمان على جانبى نفـس الشارع فى هذا الحى الأكـاديمى الصغـير، وقد كـان لهما وجهـات نظر مختلفـة عن الكون، وكذلك عن الحيـاة السياسـية الأمريكية وضعتهما على طرفى النقيض فى القضايا الخلافية. مثل الأمن القومى والأسلحة النووية. وفى الحال سيـواجه كل منهما الآخـر مرة ثانية فى قضيـة النسبية العـامة والنجوم المنهارة بالجاذبية.



وفى عام ١٩٥٨ بعـد ثلاثة أعوام من وفاة أينشـتين غادر كل منهـما برنستون لحـضور مـؤتمر دولى فى بروسلز عـن علم الكونيـات الحـديث. وقـد دعى ويلر ليلقى محـاضـرة تستعرض الحالة الحالية للبحث.


لم لا ؟ إذا كانت النجوم الأثقل بكثير من الشمس تحدث فى التطور النجمى، فأنا أعتقد أن انهيارها يمكن وصفه فى ضوء النسبية العامة.


من بين كل متضمنات النسبية العامة تعتبر قضية مصدر النجوم الهائلة الأكثر تحديا. ولكن الانفجارات نحو الداخل التى قام بحسابها أوبنهايمر لا تقدم إجابة مقبولة.


ألا يمكننا أن نقدم فرضاً بسيطاً ونقول إن مثل هذه الكتل تعانى بانكماش بالجاذبية متواصل تستقطع نفسها فى النهاية من باقى الكون؟


نجم
حقيقى
النجم المثالى الذى افترضه
أوبنهايمر وسنايدر
إن نموذجك يا أوبنهايمر مفرط فى المثالية، فالنجوم الفعلية إذا انكمشت تقوم بإنتاج تفاعلات نووية وموجات وإشعاع حرارى وقذف كتلى ... كل أنواع الظواهر التى لا يمكن التنبؤ بها !


لو كان بإمكانى الاحتفاظ بمحاكات الحاسب للقنبلة الهيدروجينية لقمنا بتعديل برامجها لمحاكاة الانفجار نحو الداخل لمثل هذه النجوم الهائلة هممم... لا يزالون
يمتلكون خبرة تصميم القنابل فى لوس آلاموس وكلمة واحدة.
ربما يمكنهم مساعدتنا بالحسابات.

بعد سنوات قلائل قام إدوارد تلر بإجراء مكالمة تليفونية مع ويلر من معامل إشعاع ليفرمور فى كاليفورنيا.



وبعد مرور خمسة أعوام قام ويلر بإلقاء محاضرة فى لقاء خاص فى دالاس عن اكتشاف (أشباه النجوم) quasars. « أوضحت محاكاة الحاسب أن انهيار النجوم المحترقة يشابه تماما الانهيار المثالى الذى قام أوبنهايمر وسنايدر بحسابه ».

وكما يلاحظ لمشاهد خارجى، يتباطأ الانهيار حتى يتوقف تماما عند نصف قطر حرج. ولكن كما يلاحظ مشاهد يتحرك مع سطح النجم، يستمر الانهيار ماراً بنصف القطر الحرج إلى الداخل دون تردد.

وأثناء ذلك، فى الممر المؤدى إلى
قاعة المحاضرات ...



وقد حزن ويلر عندما عرف أن أوبنهايمر لم يعد مهتماً بالنجوم المنهارة.

وكان أوبنهايمر متعبًا من سنوات الخداع السياسى: يقوم بإدارة مشروع مانهاتن ويتعامل مع مأساة هيروشيما ونجازاكى واتهامه بخيانة بلده وخسارته لتصريح الأمان بصورة مشينة. ومثلما تفعل النجوم المحترقة كان أوبنهايمر ينهار داخل عالمه الخاص مستقطعاً نفسه عن بقية الكون.

ولكن بالنسبة لويلر فقد بدأ فصلاً جديداً فى تاريخ الفيزياء. «أيا كان نتاج دراساتنا، يشعر الواحد منا على الأقل أن الانفجار النجمى نحو الداخل يمثل موقفاً تتضح فيه النسبية العامة ويتحقق فيه الامتزاج النارى بين النسبية العامة وفيزياء الكم».

فى نفس هذا التوقيت، عام ١٩٦٢، ستيفن وليم هوكنج وصل إلى جامعة كمبردج، وقد كان مقدراً له أن يخطو أولى الخطوات فى حلم ويلر بدمج النسبية العامة وميكانيكا الكم. ولكنه فى هذه الأحيان كان قد بدأ يعانى من أعراض المرض الذى سيجعله جليس كرسى متحرك بعد عشرة أعوام وسيفقده القدرة على الكلام نهائيًا بعد عشرين عامًا.



عصر هوكنج

يستطيع أى زائر لقسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية (DAMTP) فى جامعة كمبردج أن يرى صورة أستاذ الرياضيات الحالى .Lucasian Prof. of Math ستيفن هوكنج معروضة باستمرار فى موضع الاستقبال المتواضع بالقسم إلى جانب صورتين شخصيتين لاثنين من رواد الفيزياء الرياضية توليا نفس المنصب من قبل وهما: السير إسحق نيوتن، وبول ديراك المشهور عالميا بأعماله فى ميكانيكا الكم النسبية.



وكـان هوكنج قد انتـقل من أوكسـفـورد إلى كمـبردج ليـدرس تحت إشراف عـالم الكونيات المشهور عالميًا السير فريد هويل، ولكن الأمور كانت محبطة بالنسبة له.





بشجاعته الفكرية المعهودة، وضع هوكنج اسم خواص الكون المتمدد على عنوان لرسالة الدكتوراه الخاصة به، وفي السطر الثاني من مستخلص هذه الرسالة (يوجد تذكير بأيام هوكنج الأولى في كمبردج. ولخص قائلاً ...)

الفصل الأول يوضح أن تمدد
الكون يسبب مشاكل جسيمة لنظرية
الجاذبية التي وضعها هويل ونارليكار



كان فريد هويل أشهر الثلاثة الذين وضعوا نظرية الحالة المستقرة للكون والآخران هما هرمان بوندى وتوماس جولد وهما لاجئان من أوربا النازية.



فى بداية ستينيات القرن العشرين كان عدد علماء الفيزياء الفلكية وعلماء الكون الذين يقبلون نموذج الحالة المستقرة أكثر من الذين يقبلون الانفجار العظيم. وكان هويل متضايقًا من بعض جوانب النموذج المعارض. وذكر فى أحد البرامج الإذاعية لراديو B.B.C فى عام ١٩٥٠ أنه أول من أطلق عليه اسم الانفجار العظيم، وبالطبع كان ذلك بسخرية.



واستمـر هويل بعد سخريته هذه فتـرة اثنى عشر عامًا فى تطوير نظرية بعض جـوانب الجاذبية فى قسم الرياضيات التطبـيقية والفيزياء النظرية بالاشتراك مع أحد طـلاب الدراسات العليا اسمه جايانت نارليكار لدعم نموذج الحالة المستقرة. أما هوكنج الذى كـان متعثر الخطوات فى بحثه فى شهوره الأولى فى كمبردج فقد اهتم بالحسابات التى كان يجريها نارليكار، وبدأ فى الاقتراب من مكتبه على عادة سيـاسة القسم الخاصة بالبحث الحر والمناقشة المـفتوحة وتبادل الآراء، وبالطبع لم يكن هويل يعلم شيئًا عن ذلك.



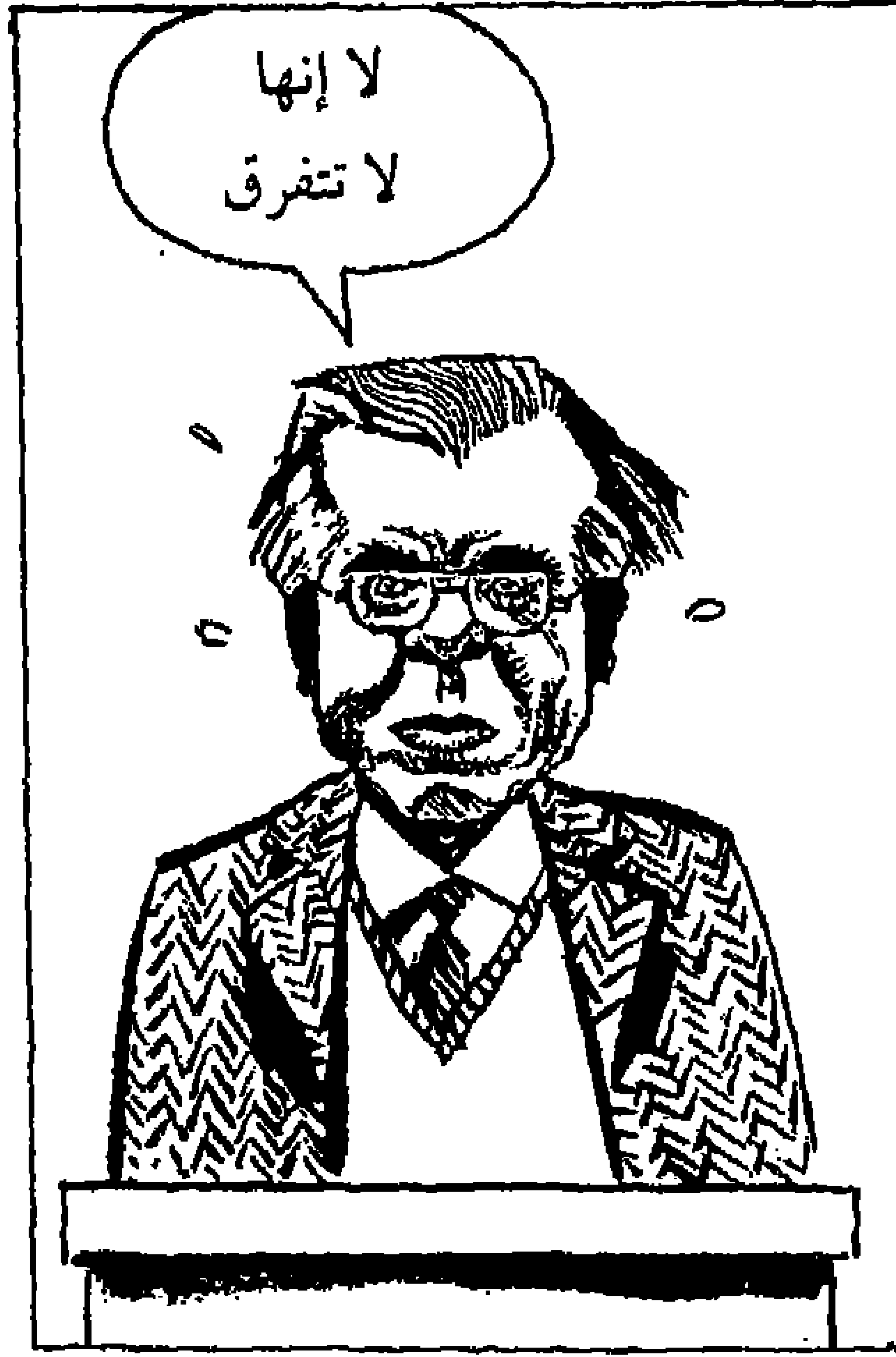
وقد أصبـح هوكنج ملمًا بالصـعوبات التى واجهت نارليـكار فى المشروع الذى حدده له هويل.

وكثيراً ما كان هويل الذى تميز بالخبرة فى الدعاية لأعماله - يقدم أفكاره قبل نشرها وتحكيمها وذلك لكى يجعل اسمه متصدراً الجرائد، وبالتالى يتمكن من الحصول على المنح البحثية. وقد قام بتنظيم محاضرة للجمعية الملكية لمناقشة أفكاره الأخيرة المبنية على حسابات نارليكار.









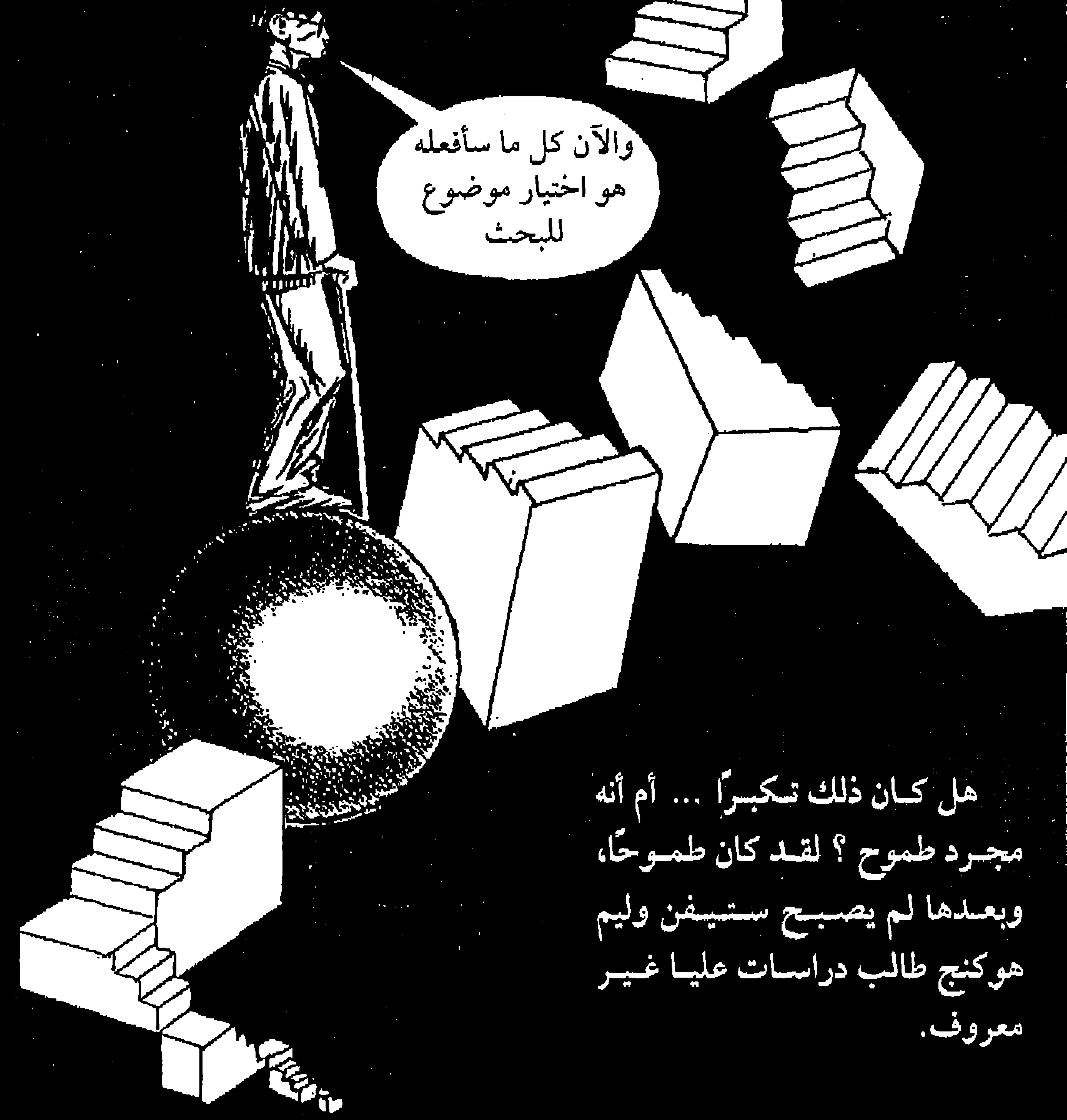




ولقد ضجت القاعة بالضحك مما أغضب هويل. فلقد كانت هذه مواجهة مأساوية بين واحد من أشهر علماء الكونيات فى العالم وتلميذه الذى كان قد رفضه. وانفضت هذه الجلسة سريعًا.

وقد كان هوكنج محقًا بالفعل فيما ذكره عن تفاوت معادلات هويل وقد تم التخلى عن هذا المنهج الجديد . فأعمال هويل تمَّ تحكيمها بواسطة طالب دراسات عليا غير معروف على الملأ.

وقد كتب هوكنج بحثًا بعد ذلك يلخص فيه الأساليب الرياضية التى استخدمها والتى جعلته باحثًا شابًا واعدًا.



مشرف الرسالة غير الأنانى

اتضح أن دنيس سياما مشرف غير أنانى ملتزم من نوعية المدرس الخاص غير الأنانى الذى يحث تلاميذه على البحث عن طرق لزيادة خبرتهم.



رفض سياما أن يسرع فى برنامج الدكتوراه لهوكنج حتى عندما ضغط عليه والده هوكنج المقنع.



وقد طور سياما أسلوبا فريدا في الإشراف على طلبته، فلم يكن يشاركهم أعمالهم مثلما يفعل الكثير من الأساتذة في العالم كله. (فلم ينشر في الغالب أبحاثًا مشتركة)، وكذلك لم يكن يختار المواضيع لهؤلاء الطلبة.

إذا رغب أحد في دراسة منشأ الانفجار العظيم للكون بخلفية الإشعاع الكوني فلن يتمكن من فهم علم الكونيات إلا بمساعدة النسبية العامة. لذلك كان من الطبيعي أن للبحث في هذه المجالات الصعبة أن اقترح النسبية العامة عند تأسيس مدرسة بحثية في كمبردج في السبعينيات مع مجموعة من الطلاب الموهوبين بدرجة كافية.

ومع ذلك كان كل هؤلاء الطلبة الذين اختارهم سياما يشغلون مناصب بارزة في علم الكونيات :

- جورج إليس أستاذ الفيزياء في جنوب أفريقيا (كتب إليس كتابا هو و هوكنج وعنوانه البنية الكبيرة للزمكان ويعتبر بمثابة عمدة المقدس في علم الكونيات النسبي. وتم إهداؤه إلى ر. د. و. سياما)
- براندون كارتر يشغل الآن منصب مدير البحث في المرصد في باريس.
- مارتن ريز يشغل الآن منصب مدير معهد الفلك في كمبردج.



- وبالطبع ستيفن هوكنج الأستاذ لـ كرسي Lacasion في جامعة كمبردج.

وكان من أهم نشاطات سياما أن يرتب لأن يحضر طلبته الحلقات البحثية المهمة. وكان يبدو أنه يعرف ما يدور حوله دومًا. وفى منتصف الستينيات أصبحت جماعة كمبردج مهتمة بأعمال عالم الرياضيات التطبيقية الشاب روجر بنروز الذى كان فى كلية بيركبك فى لندن.

وبعد تخرجه فى كمبردج والبحث فى الولايات المتحدة بدأ بنروز فى تطوير أفكاره عن نظرية التفرد والتى كانت تتطابق مع أفكار فريق البحث فى كمبردج.



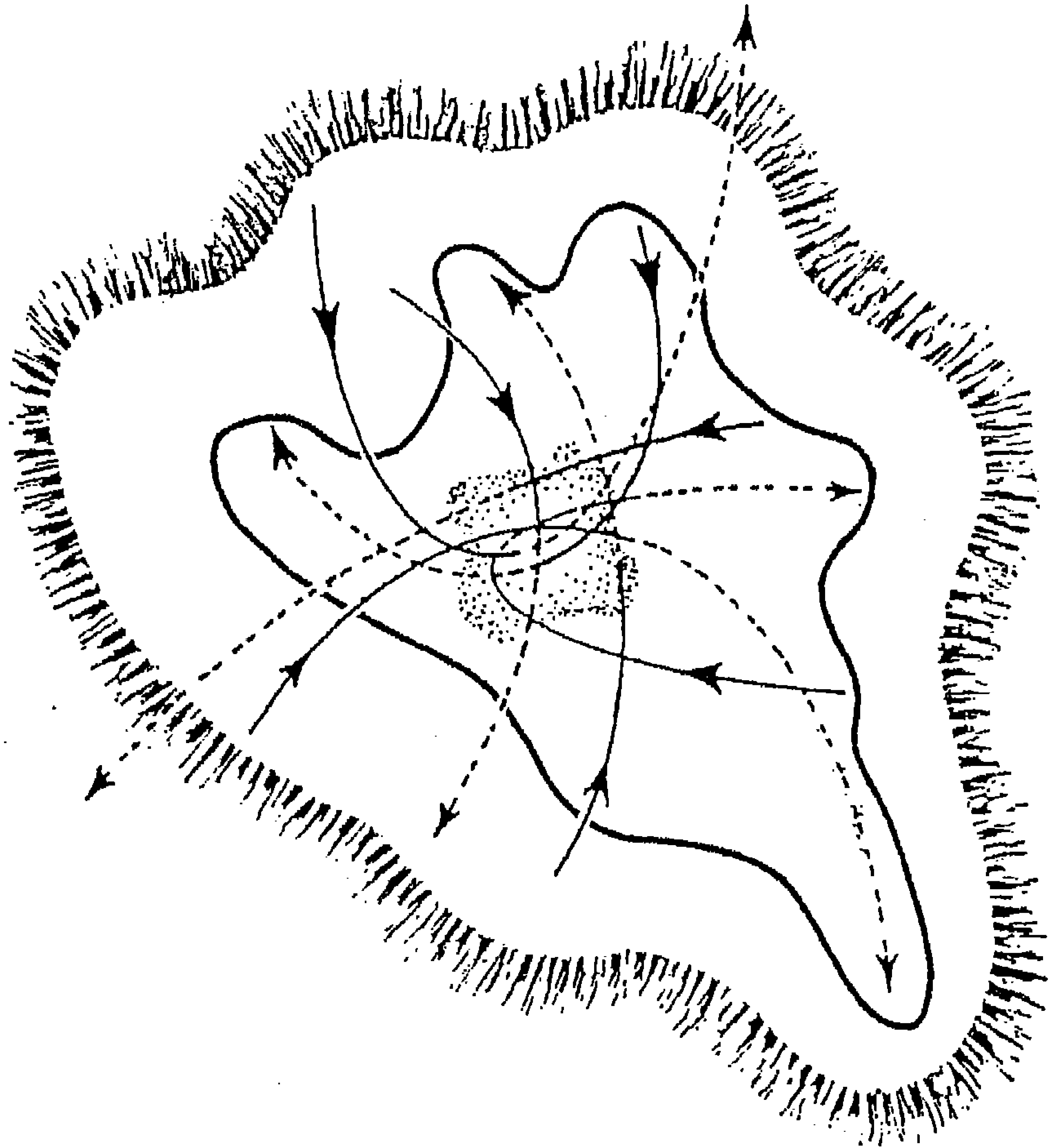
لم تنقض سنوات قلائل على قبول جون ويلر حلول أوبنهايمر ووجود الثقوب السوداء حتى بدأ سياما فى مشاركة الحماس مع بعض زملائه وطلابه. وقد حصل بنروز (أحد أفضل علماء الرياضيات فى العالم) على ومضة إلهام عن هذه الأجسام الغريبة من سياما فى مقهى كمبردج.



وسرعان ما أستطاع بنروز أن يظهر أنه إذا انهـار نجم ما بعد نقطة ما فإنه لا يمكن أن يتمدد مـرة أخرى. وفى إطار النسبيـة العامة ، لا يستطيع النجم أن يتـجنب أن يصبح لا نهائى الكثافة أى أنه سيقوم بتكوين نقطة تفرد عند مركزه.

والأمر الذى كان يصر عليه الكثير بأن مادة هذا النجم سوف «تتطاير متجاوزة نفسها ثم تعـود فى التمـدد » كان خـاطئًا. وبدلاً من ذلـك سيـحدث تفـرد الزمكان وهى نقطة ينتهي عندها الزمن وتنهار كل قوانين الفيزياء. وكانت هذه هى أول نظرية تفرد.

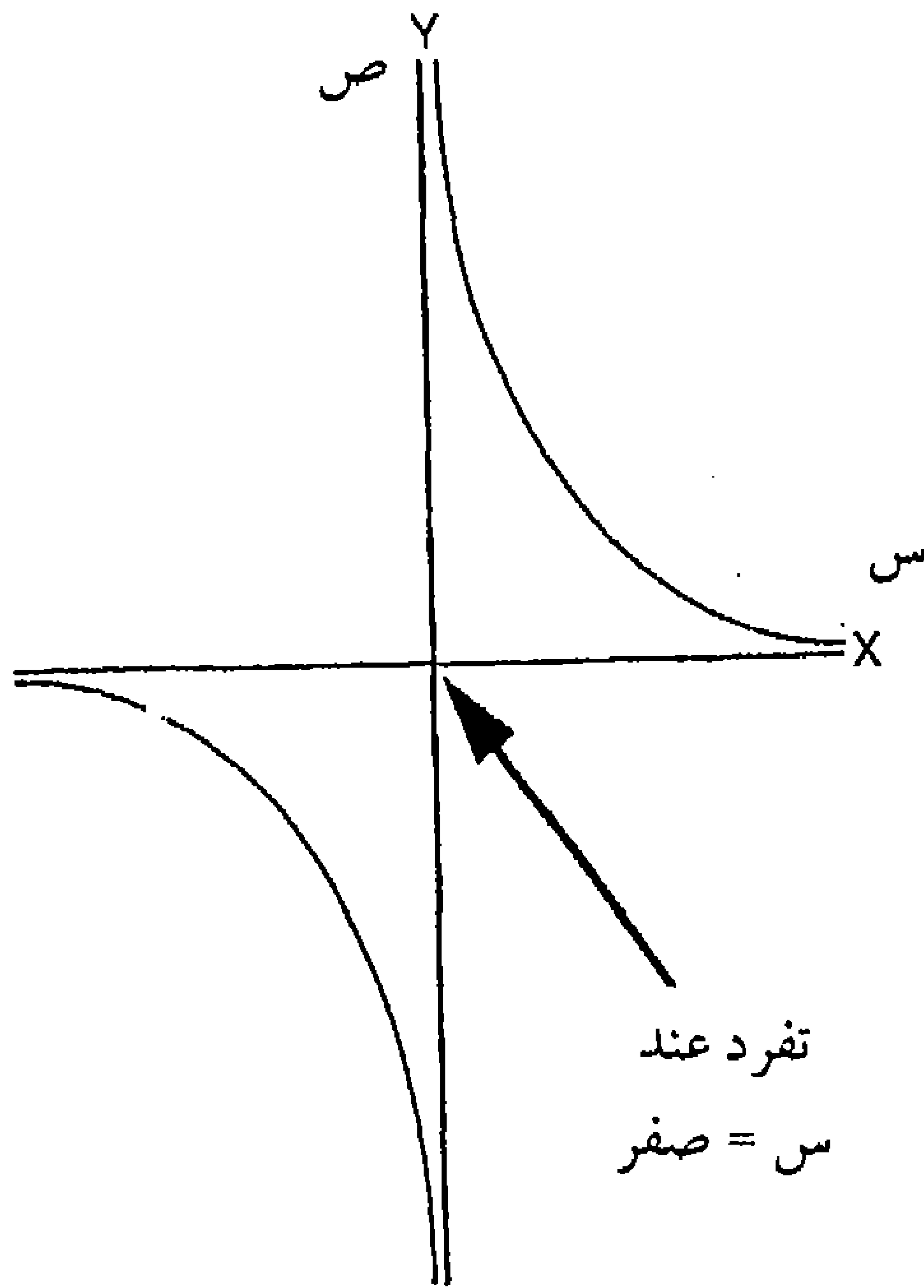
قال بنروز : إن طيران المادة متجاوزة نفسها داخل النجم المنهار لتعود إلى التمدد مرة أخرى ليس صحيحًا».



شيء نحتاج لمعرفته : ما التفرد ؟

التفرد بصفة عامة نقطة لا يمكن تعريف الدالة الرياضية عندها، حيث إن الدالة تتفاوت إلى مقادير متناهية فى الكبر.

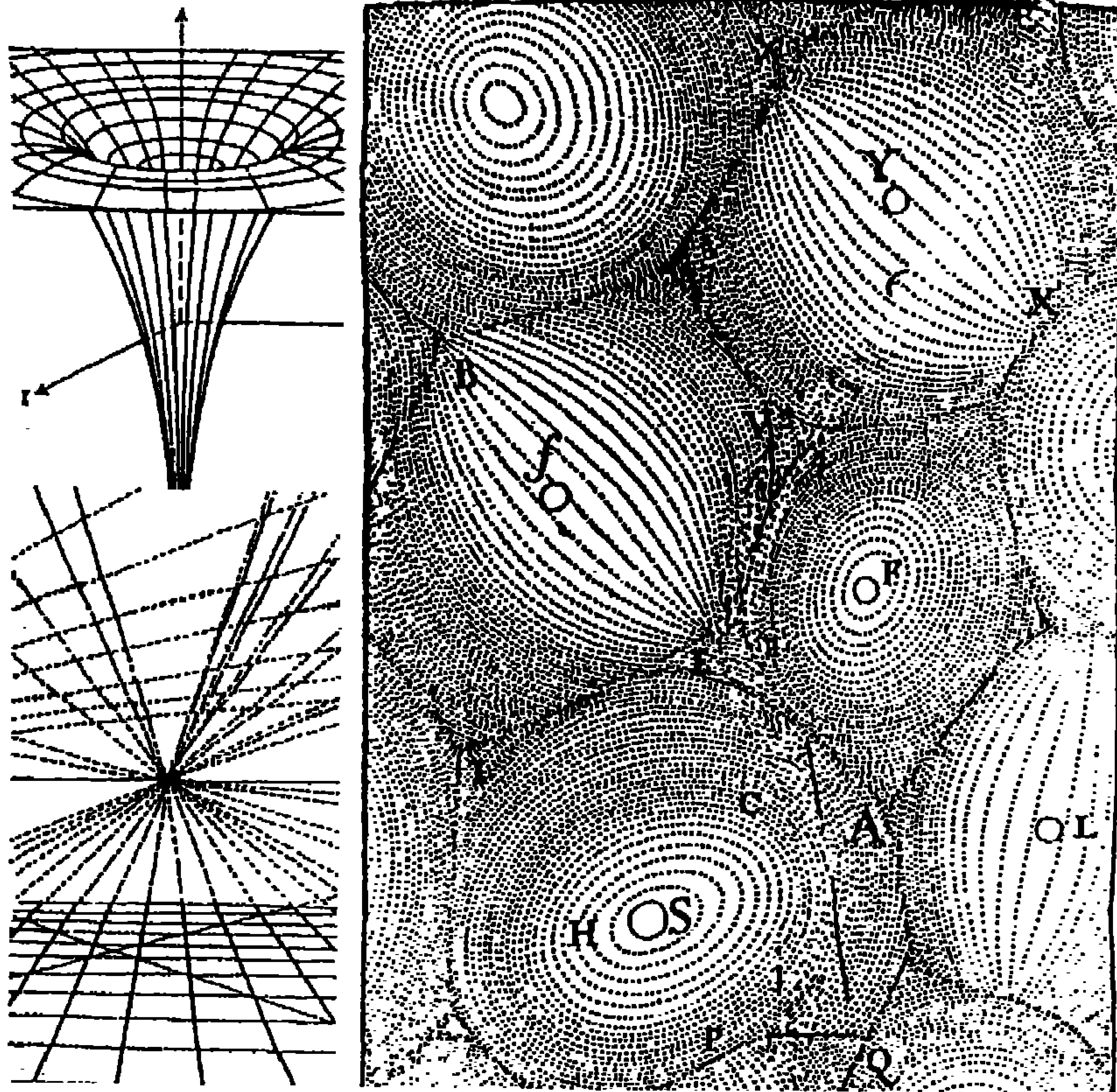
فعلى سبيل المثال الدالة الجبرية البسيطة ص = ١ \س لها نقطة تفرد عند القيمة س = صفر· فإذا جعلنا قيمة س الموجبة صغيرة جداً نجد أن ص تزداد بصورة كبيرة فى الاتجاه الرأسى (الموجب). أما إذا كانت قيم س السالبة تتناهى فى الصغر (مقتربة من الصفر) نجد أن ص تأخذ قيمًا كبيرة جداً سالبة. لذلك فإنه بالنسبة لأصغر تغير فى المتغير س (ليكن من +١٠٠٠٠٠,٠ إلى - ١٠٠٠٠٠,٠) تتغير ص بمقدار كبير جداً (من + ١٠٠٠٠٠٠ إلى -١٠٠٠٠٠٠). وواضح جداً أنه عند س = صفر يحدث خطأ . هذه هى نقطة التفرد الرياضى.

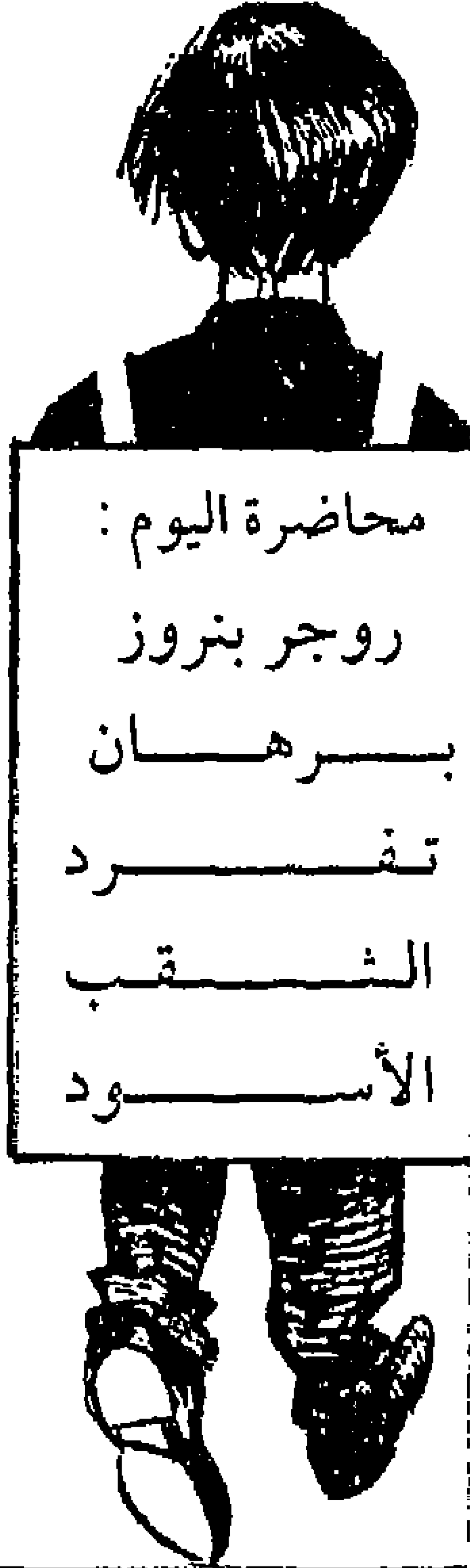


س	ص
١,٠	١,٠
٠,١	١٠,٠
٠,٠١	١٠٠,٠
٠,٠١-	١٠٠,٠-
,٠١-	١٠-
١,٠-	١,٠-

في النسبية العامة التفرد يعنى منطقة فى الزمكان يصبح عندها الانحناء قويًا جداً لدرجة أن قوانين النسبية العامة تفشل ويفترض أن تحل محلها قوانين جاذبية الكم.

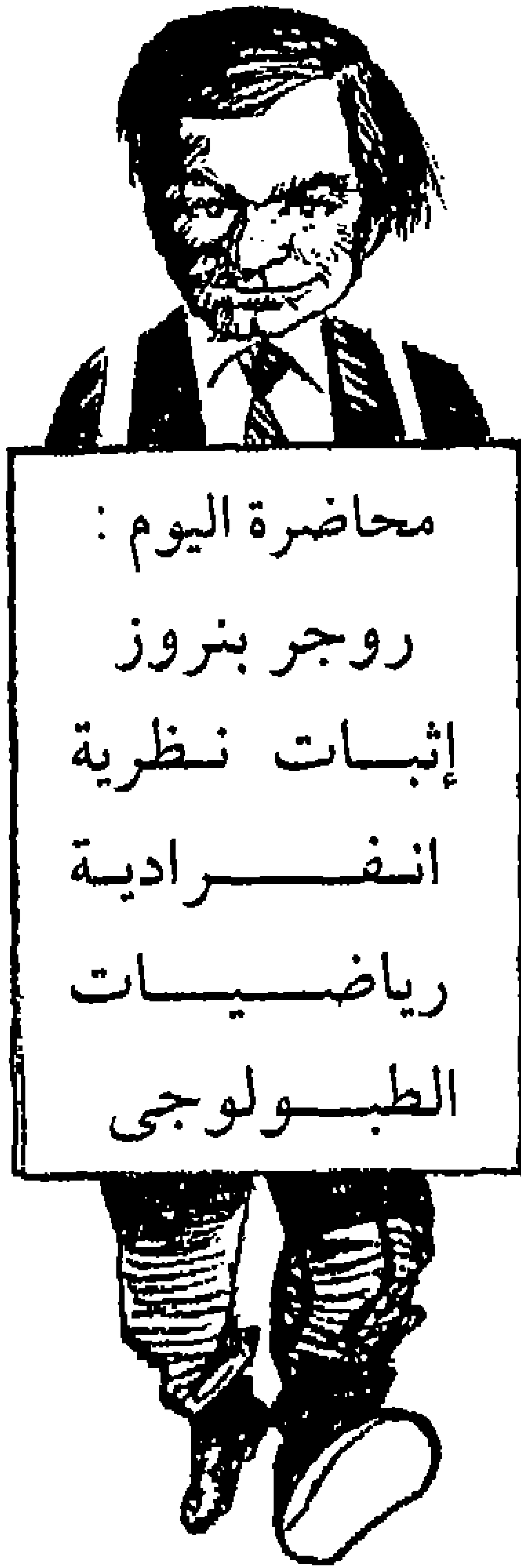
عندما نحاول أن نصف التفرد باستخدام النسبية العامة فقط نحصل على نتيجة خاطئة، وهى أن الانحناء وجاذبية المد والجزر لا نهائية عند هذه النقطة. أى وصفها. والجاذبية الكمية ربما تقوم باستبدال هذه «الرغوة الكمية» بالنهايات وتختلط مع قوانين النسبية العامة. ولكن هذا لا يعنى أنه لا يمكن دراسة نقاط التفرد وفهم قوانين الفيزياء. بالقرب من هذه النقاط فهناك بعض نظريات التفرد التى ولدت معلومات نوعية مهمة ببعض الشروط. فعلى سبيل المثال إذا تم التعامل مع الرياضيات بحرص فإن البرهان على وجود تفرد حقيقى يمكن أن يكون نتيجة ذات معنى فيزيائى. وهكذا كانت نظريات التفرد التى وضعها بنروز ومن بعده هوكنج. وفى جا س،تونرسباز لمعادلات المحال عند أينشتين لا تعتبر نقطة نصف القطر الحرج نقطة تفرد حقيقية (وبالرغم من أنها وصفت من قبل بأنها نقطة تفرد شوارتزتشيلد). العمليات الفيزيائية متصلة عبر الحدود وأى تغير بسيط فى الإحداثيات الرياضية يقوم بإزالة التفرق.





كانت هناك مجموعة من طلاب سياما يحضرون حلقة دراسية فى لندن لبنروز عندما أعلن أنه أثبت أن هناك تفردًا يوجد عندما ينهار النجم مكونًا ثقبًا أسود.

ولم يكن هوكنج حاضراً تلك الحلقة الدراسية لبنروز ولكن أخبارها وصلته فى الحال، وكان لها تأثير كبير عليه.



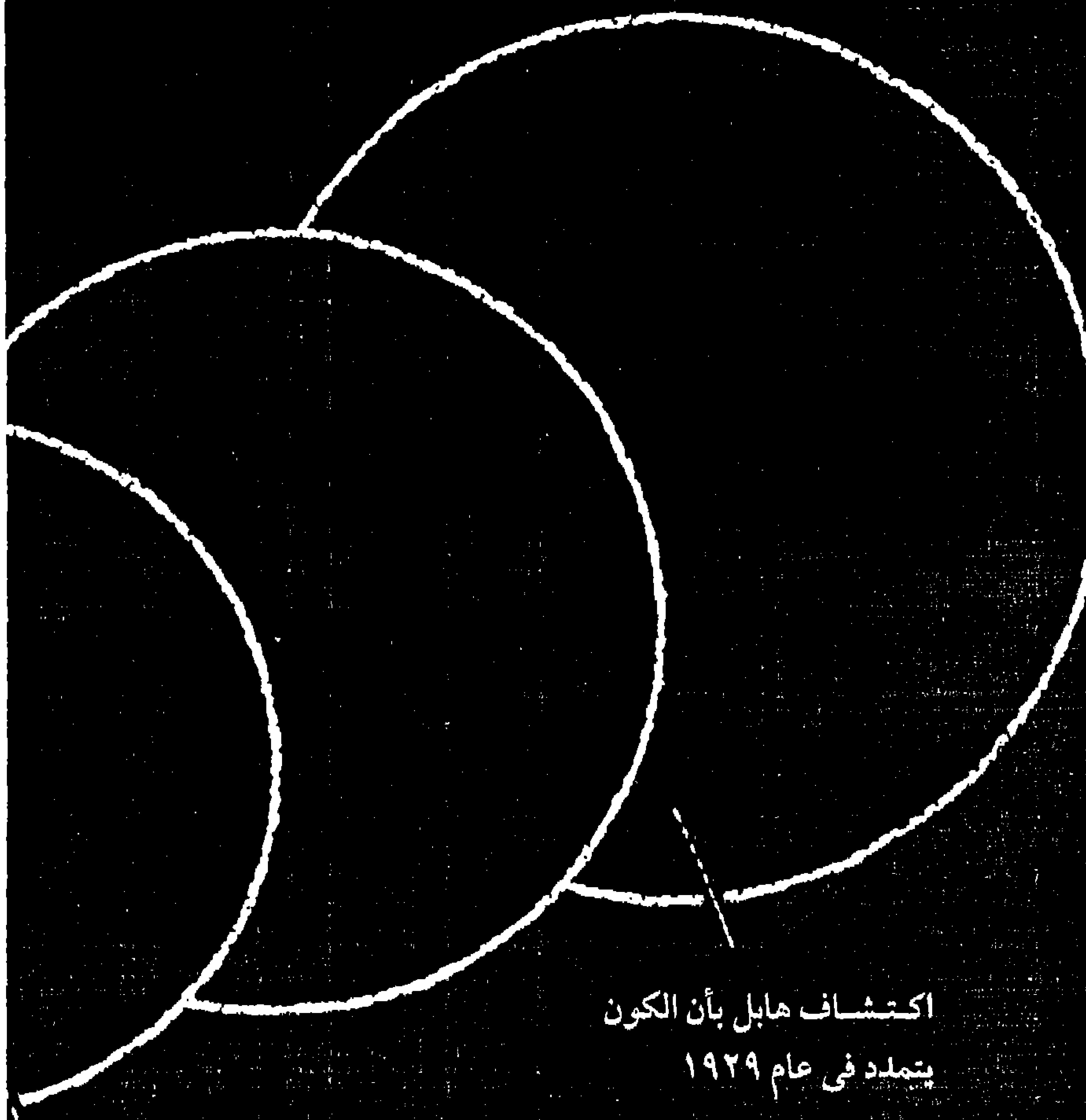




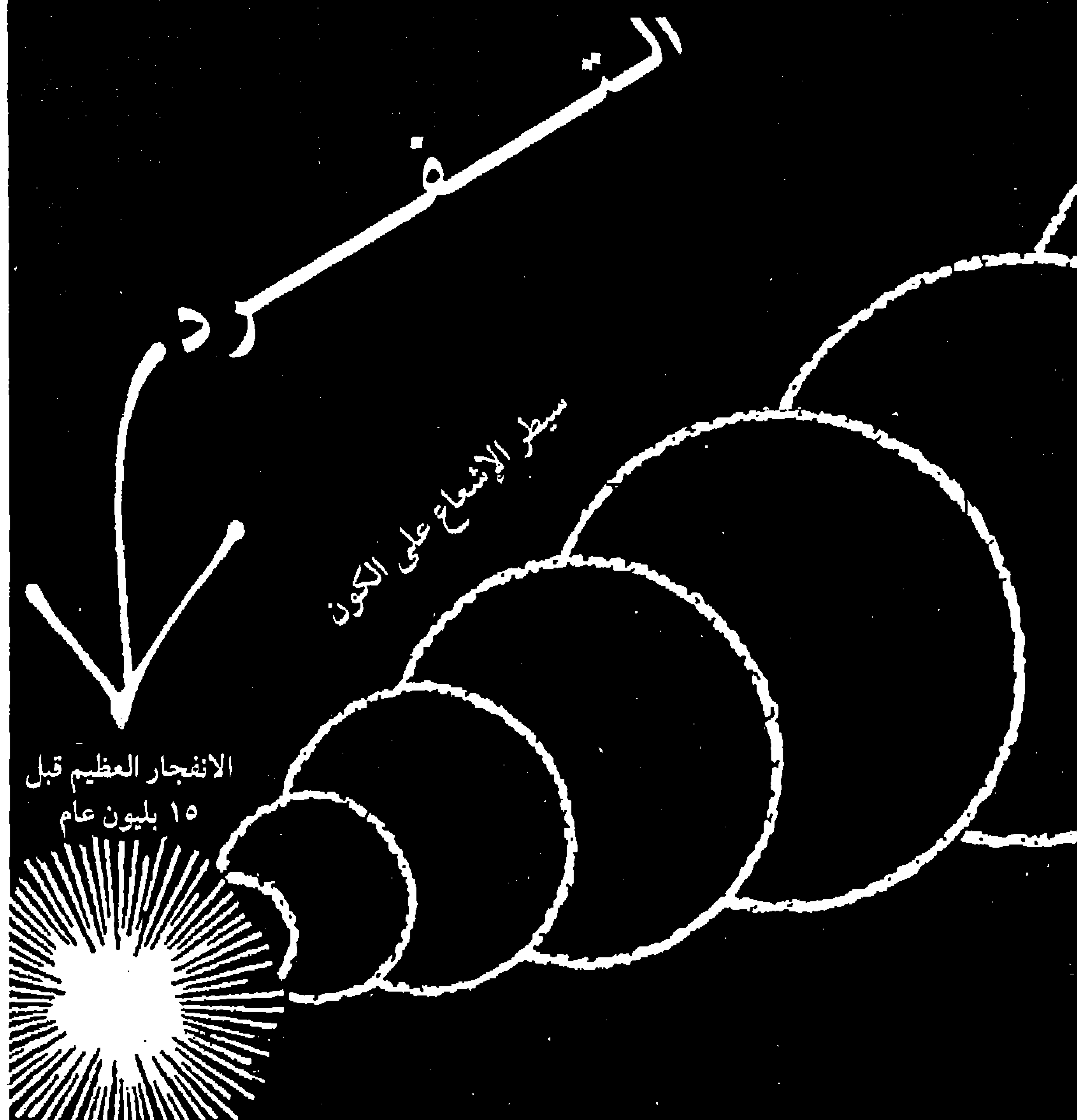
لم يتبق أمام هوكنج سوى عام واحد كطالب بحث، ولم يجد مشكلة تثير التحدى إلا الآن. وحتى يطبق منهج بنروز كان عليه أن يعمل بجدية ويتعلم الرياضيات المطلوبة ويتناولها فى الفصل الأخير من رسالته، وهي أول نظرية تفرد له عن بداية الكون. وقد أوضح هوكنج أنه إذا كانت النسبية العامة صحيحة لابد من وجود نقطة تفرد فى الماضى تعتمد عن بداية الزمن.



ونجح هوكنج وحصل على درجة الدكتوراه فى عـام ١٩٦٥ . وكان هناك بعض التعقـيدات ـ مثل الأكوان النهائيـة واللانهائية ـ ولكنه خلال السنوات القـليلة التالية قام بتطوير أساليب جديدة لإزالة هذه المشاكل.

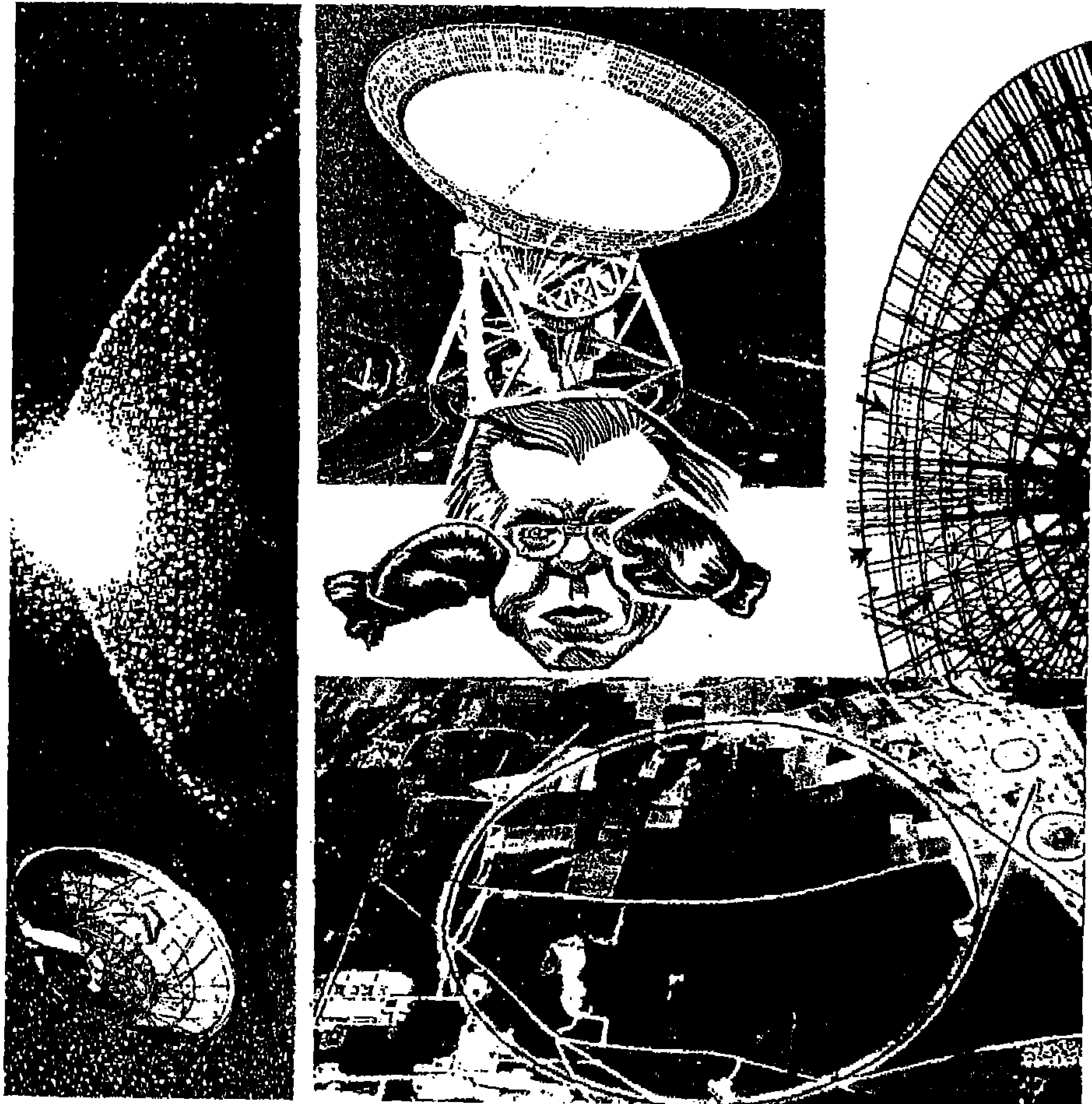


أصبح ذلك معقولاً بوجه عـام، وكلنا يفترض الآن أن الكون بدأ بانفجار عظيم، أى الحالة الأولية الساخنة عالية الكثافة. وهذا هو الإسهام الأساسى لهوكنج فى علم كونيات الانفـجار العظيم، ونتيجة لذلك أصـبح هوكنج مشهوراً عبـر أنحاء العالم بأسره، لذلك فى عام ١٩٧٠، أى بعد مرور خمس سنوات على حصوله على درجة الدكتوراه، أصبح ستيفن هوكنج عالم كونيات معروفًا دوليًا.



وكان هوكنج نصيراً لنموذج الانفجار العظيم منذ أيامه الأولى كطالب دراسات عليا. ورسالته التى تنتقد نموذج الحالة المستقرة لهويل؛ وبرهانه على تفرد الانفجار العظيم جعلا اسمه مرتبطًا بنجاح هذا البرهان فى كل الأوقات.

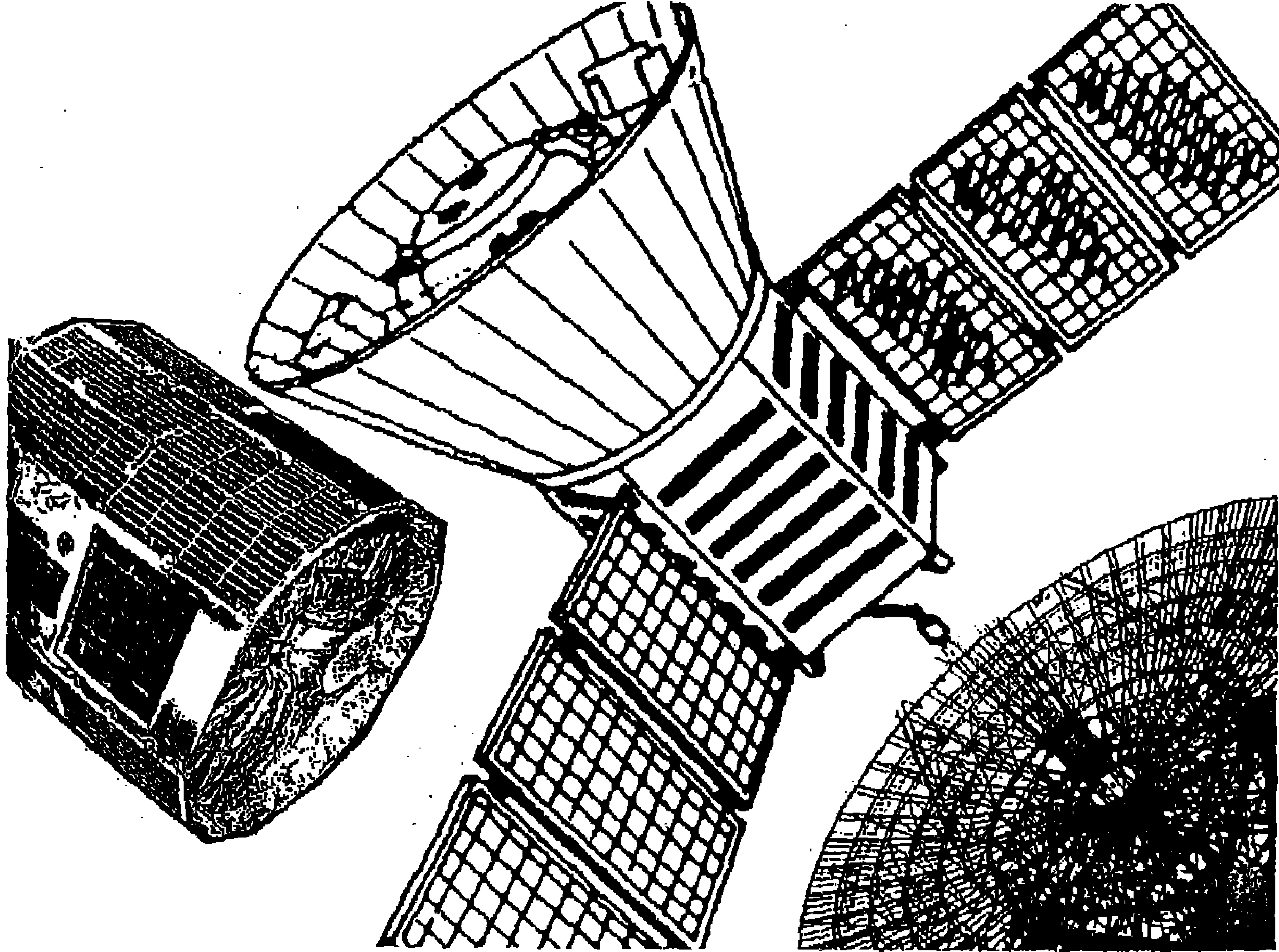
إنه لأمر شيق أن تتخيل تاريخ علم الكونيات الحديث (أو على الأقل التاريخ الحديث لهوكنج) إذا تم قبول تسجيله مع هويل فى جامعة كمبردج. واليوم يقوم هويل وطالبه القديم جاى نارليكار بترميم نموذج الحالة المستقرة ولكن دون جدوى. فلقد تطور عالم علم الكونيات. وربما تم توضيح ذلك بصورة أفضل فى مجلة Scien Tific فى أحد مقالاتها فى العدد الخاص الذى نشر فى أكتوبر عام ١٩٩٤ عن الكون، والذى يبشر بأنه سيصبح الوصف المقبول لفهمنا للكون فى الألفية القادمة.



تطور الكون

يعتبر فهم تطور الكون أحد أعظم إنجازات العلوم فى القرن العشرين. وقد أتت هذه المعرفة من عقود من النظريات المبدعة. حيث استخدمت التلسكويات الحديثة، سواء إذا كانت على الأرض أم فى الفضاء، فى اكتشاف الإشعاع المنبعث من المجرات التى تبعد عنا بلايين السنوات الضوئية لتوضح لنا ماهية صورة الكون فى مراحله الأولى . وتقوم معجلات الجسيمات باختبار لاستكشاف الطبيعة الفيزيائية الأساسية للبيئة عالية الطاقة فى الكون الأول. أما الأقمار الصناعية فتقوم بالتقاط يكشف إشعاع الخلفية الكونية المتبقى من المراحل الأولى للتمدد، وتقدم لنا صورة للكون فى أكبر مقياس يمكننا رصده. وأفضل الجهود لتفسير هذه الوفرة من البيانات تتجسد فى نظرية تسمى «النموذج الكونى القياسى» أو «علم كونيات الانفجار العظيم». وأهم مبادئ هذه النظرية أن فى المتوسط كبر الحجم نجد أن الكون يتمدد بصورة متجانسة تقريباً من حالته الكثيفة الأولى. وفى الوقت الحاضر لا توجد أية تحديات ذات بال لنظرية الانفجار العظيم بالرغم من وجود قضايا لم تحسم بعد فى هذه النظرية. فعلى سبيل المثال لا يعرف علماء الفلك كيف تكونت المجرات ولكن لا يوجد ما يدعو لأن نعتقد بأن هذه العملية لم تحدث فى إطار الانفجار العظيم. وبالفعل صمدت تنبؤات النظرية أمام كل الاختبارات حتى الآن .

.(Scientific American



١٩٦٥ : عام حافل بالنسبة لهوكنج

تزوج هوكنج من محبوبته جان وايلد فى كنيسة ترينتى فى كمبردج فى شهر يوليه ١٩٦٥ . وبالرغم من أن اتكاءه على عكازه كان يتزايد دوماً فإنه حصل على رسالة الدكتوراه ،وكذلك تزوج من زوجة مخلصة وذكية، بالإضافة إلى اكتسابه مهارات رياضية جديدة ليستخدمها فى علم الكونيات، وكذلك حصل على عضوية فى كلية كايوس ليكمل دراساته فى قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية. وبذلك لم يعد



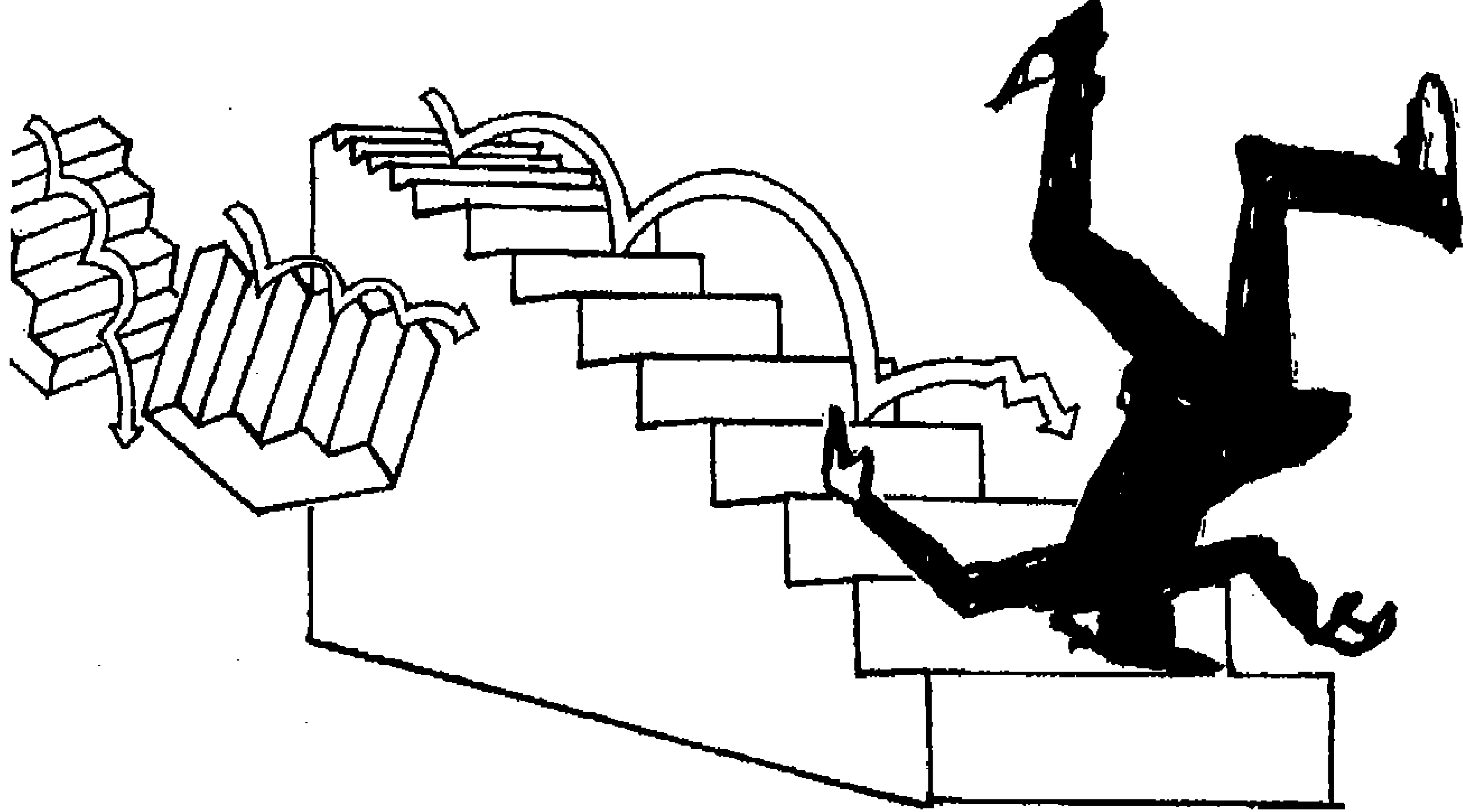
وما زالت هناك تلك النظرة المزهوة الواثقة تبين على وجهه، وكأنها تقول...
أستطيع أن أفعل أى شىء ولا يمكن أن يعيقنى أى شىء حتى مرض (ALS).

عقل لا يمكن إيقافه

كثرت القصص عن قدرات هوكنج العقليـة المذهلة التى كانت قد ظهرت بوضوح فى سنوات دراسته في أوكسفورد، وذلك عندما كان طالباً فى مرحلة البكالوريوس.

لقد قضى العديد من زملائه الأسابيع فى مهمة كبيرة لحل ثلاث عشرة مسألة من أحد الكتب الصعبة، وهو «الكهربية والمغناطيسية» لـ بليني وبليني. وقد طلب منهم أن يقوموا بحل أكبر عدد من المسائل قدر استطاعتهم وتمكن أغلبهم من حل مسألة أو اثنتين على الأكثر فى الوقت المحدد. وتركها هوكنج لآخر يوم وبعد أن قضى الصباح فى غرفته خرج ليقول إنه حل أول عشر مسائل فقط !

وقام أحد الأساتذة وهو يشرف على هوكنج فى الفيزياء الإحصائية بتكليفه بحل بعض المسائل من كتاب يكرهه. وفى الموعد التالى عاد هوكنج ولم يحل المسائل بل تبين كل الأخطاء فى هذا الكتاب. وأدرك أستاذه فى هذا الوقت أن هوكنج يعرف عن هذه المادة أكثر مما يعرف هو.



وفى نهاية الفصل الدراسى فى أوكسفورد كان هوكنج قد بدأ يشعر بأعراض مرض (ALS)، وسقط مدويا من على السلم فى ردهة الجامعة. ونتيجة لذلك أصيب بفقدان مؤقت فى الذاكرة ، لدرجة أنه لم يتمكن حتى من تذكر اسمه. وبعد العديد من الساعات التى استجوبه فيها أصدقاؤه تمكن من العودة إلى حالته الطبيعية ، ولكنه كان منزعجًا من احتمال حدوث تلف مستديم فى مخه. ولكى يتأكد قرر أن يخوض اختبار ميسا Mesa للأفراد ذوى الذكاء المرتفع. وقد كان مسروراً عندما تمكن من أن ينجح نجاحًا عظيمًا بدرجات تتراوح بين ٢٠٠ و ٢٥٠ !

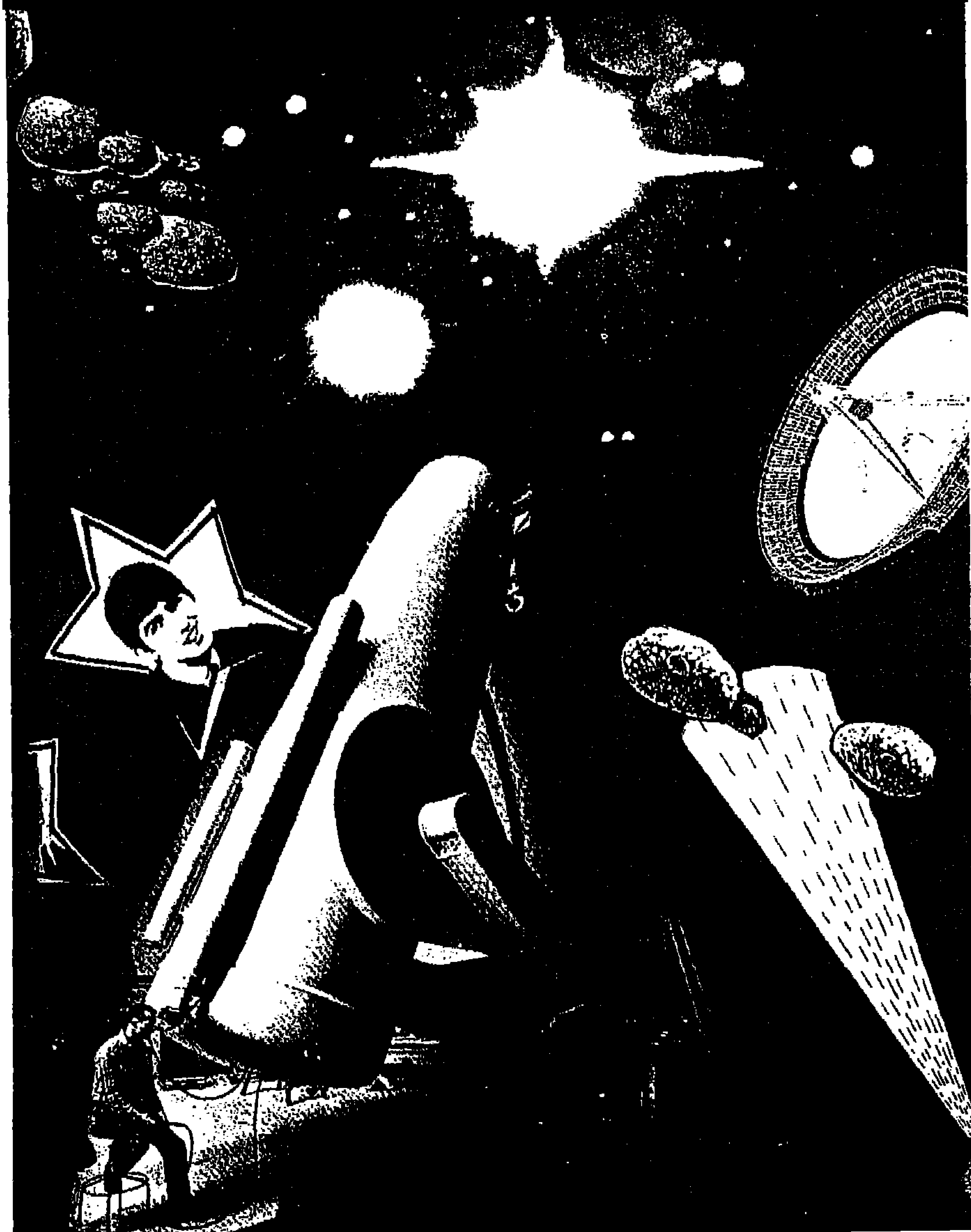
لا يوجد أى شيء يمكن أن يوقف هذا الذهن، حتى مرض ALS ذاته.

ثورة الستينيات

هناك جدل غير محسوم حول ما إذا كان المؤرخون الاجتماعيون فى القرن الحادى والعشرين سيواصلون النظر إلى ستينيات القرن العشرين بأنها فترة فوران اجتماعى كبيرة وتغير جذرى على الأرض . ولكن بالتأكيد ستكون وجهة نظر علماء تاريخ العلم أن هذه المرحلة مرحلة تغيير جذرى فى فهمنا للكون. وقد تمت الإشارة إلى هذه الفترة من قبل بأنها العصر الذهبى لعلم الكونيات النسبية. وقد أصبح أبطال الستينيات، بداية من الخنافس ذوى العقول الشابة حتى الحشو في وودستوك رموزاً مألوفة، وكذلك كانت لثورة علم الكونيات أبطالها، ولكنهم فى الغالب غير معروفين بالنسبة لعامة الشعب.



وكانت فترة الستينيات فترة تطور ملحوظ فى علم الفلك الذى يقوم على المراصد ويرجع ذلك فى الأساس إلى التطورات فى التكنولوجيا والأدوات. أدت كل أنواع الظواهر غير المألوفة التى تمت ملاحظاتها إلى نماذج جديدة للأجسام السماوية الأمر الذى لا يمكن أن يوصف إلا بأنه ثورة فى علم الكونيات. وبداية هذه الثورة يمكن إرجاعها إلى لقاء فى مكان وزمان ما يمكن محوهما من ذاكرة القرن العشرين، ولكن لأسباب مختلفة تمامًا..

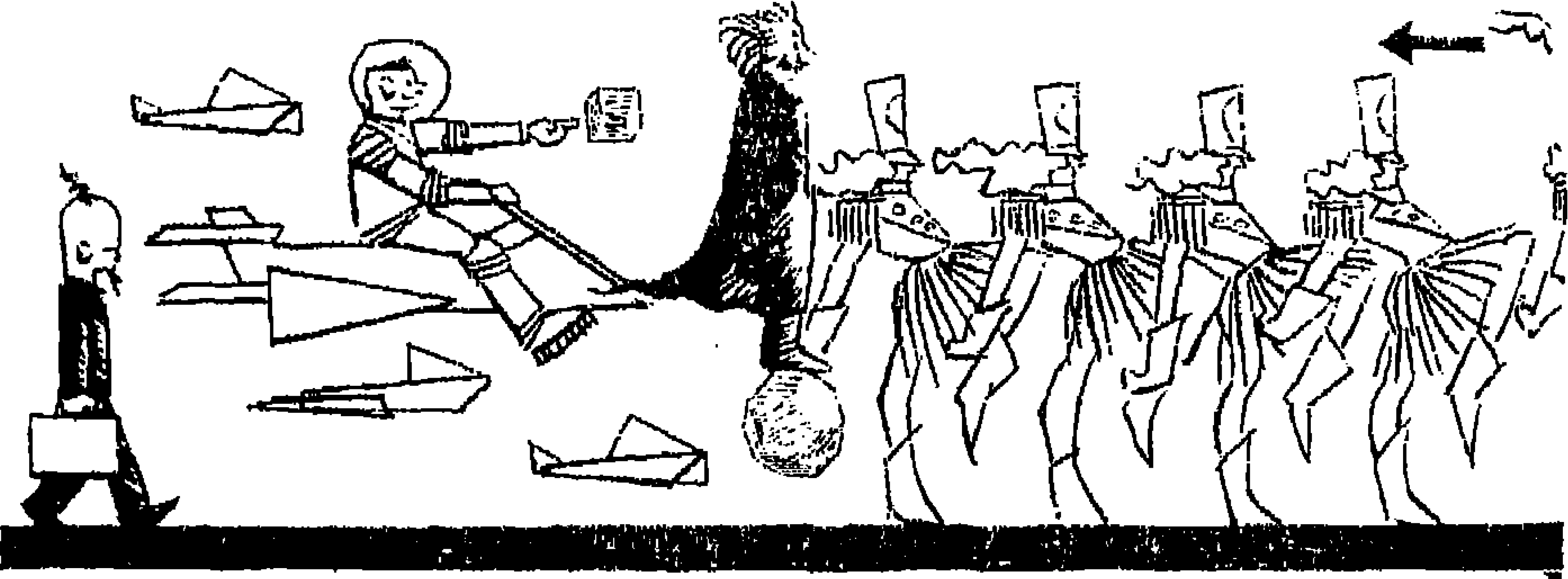


دالاس ١٩٦٣

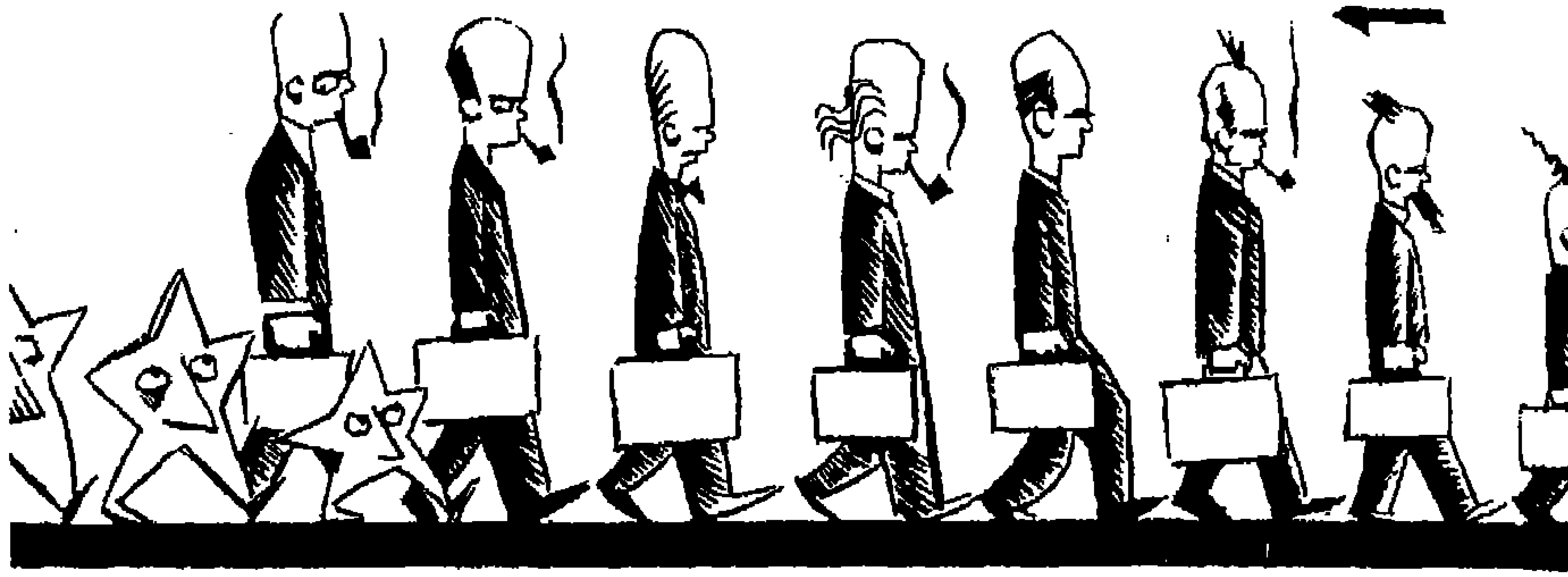


إذا سألت من الناس الذين تجاوزوا الخمسين عامًا إذا كانوا يتذكرون دالاس ١٩٦٣ ،سيصف غالبيتهم ما كانوا يفعلونه بالضبط عندما تم اغتيال جون ف. كيندي في دالاس في ٢٢ نوفمبر.





ولكن ربما توجد فئة صغيرة من هؤلاء الناس تجيب إجابة غامضة . فهم بالطبع يتذكرون حادث اغتيال كيندي المأساوي، ولكن دالاس ١٩٦٣ لها دلالة أخرى لمجموعة من ثلاثمائة من علماء الفلك والفيزياء الفلكية والكون والنسبية ،كانوا قد حضروا مؤتمر تكساس الأول عن الفيزياء الفلكية النسبية ليميزوا اكتشاف الكواسارات (أشباه النجوم). وقد عقد هذا المؤتمر في دالاس في الفترة من ١٦ إلى ١٨ ديسمبر ١٩٦٣ بعد ثلاثة أسابيع فقط من اغتيال كيندي.



وتمت دعوة البـــبيون، وهم مـتـخصـصون غـريـبو الأطوار قضـوا سنى عـملهم فى الاسـتخفاف بمعادلات أينشـتين، لكى يتلاقوا فى حـوار مع علماء الفلك وعلماء الفـيزياء الفلكية. وفى الخمس والعشرين عامًا الأخيرة بعـد نشر البحث الشهير لأوبنهايمر وسنايدر عن انهيار النجوم ؛ تم اقتراح النسـبية العامة كتفسير ممكن لظاهرة فـيزيائية جديدة، كان قد لاحظها العـاملون فى علم الفلك. وقد سـاد الاعتـقاد بأن النجوم المنهـارة جذبيـاً (سيطلق عليهـا الثقوب السوداء) ربما تمدنا بالطاقـة الهائلة الضرورية لتـفسير الملاحظات بالأجـسام الجديدة والمثيرة والتى تسمى أشباه النجوم (aQuasars)، وقد ألقى تومـاس جولد (أحـد مطورى نظرية الحـالة المسـتقـرة) محاضرة الغداء فى مؤتمر دالاس.



وقد اتضح أنه صواب، كما أقر هوكنج نفسه بعد ٣٠ عاماً.

لقد حدث تغير كبير فى منزلة النسبية العامة وعلم الفلك فى الثلاثين عامًا الماضية. فعندما بدأت بحثى فى قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية فى كمبردج عام ١٩٦٢ كانت النظرية النسبية العامة بأنها نظرية جميلة إلي ولكنها معقدة جداً لدرجة أنها لا تتصل بالعالم الواقعى على الإطلاق. وكان علم الفلك يعتبر علمًا زائفًا لا ترتبط فيه التأملات الجامعية بأية ملاحظات ممكنة .

والموقف الآن يختلف كثيراً، ليس فقط نتيجة للتطور الهائل فى مستوى مجال الملاحظات التى أتاحتها التكنولوجيا الحديثة ولكن أيضاً نتيجة للتقدم الهائل فى الجانب النظرى الذى حققناه.

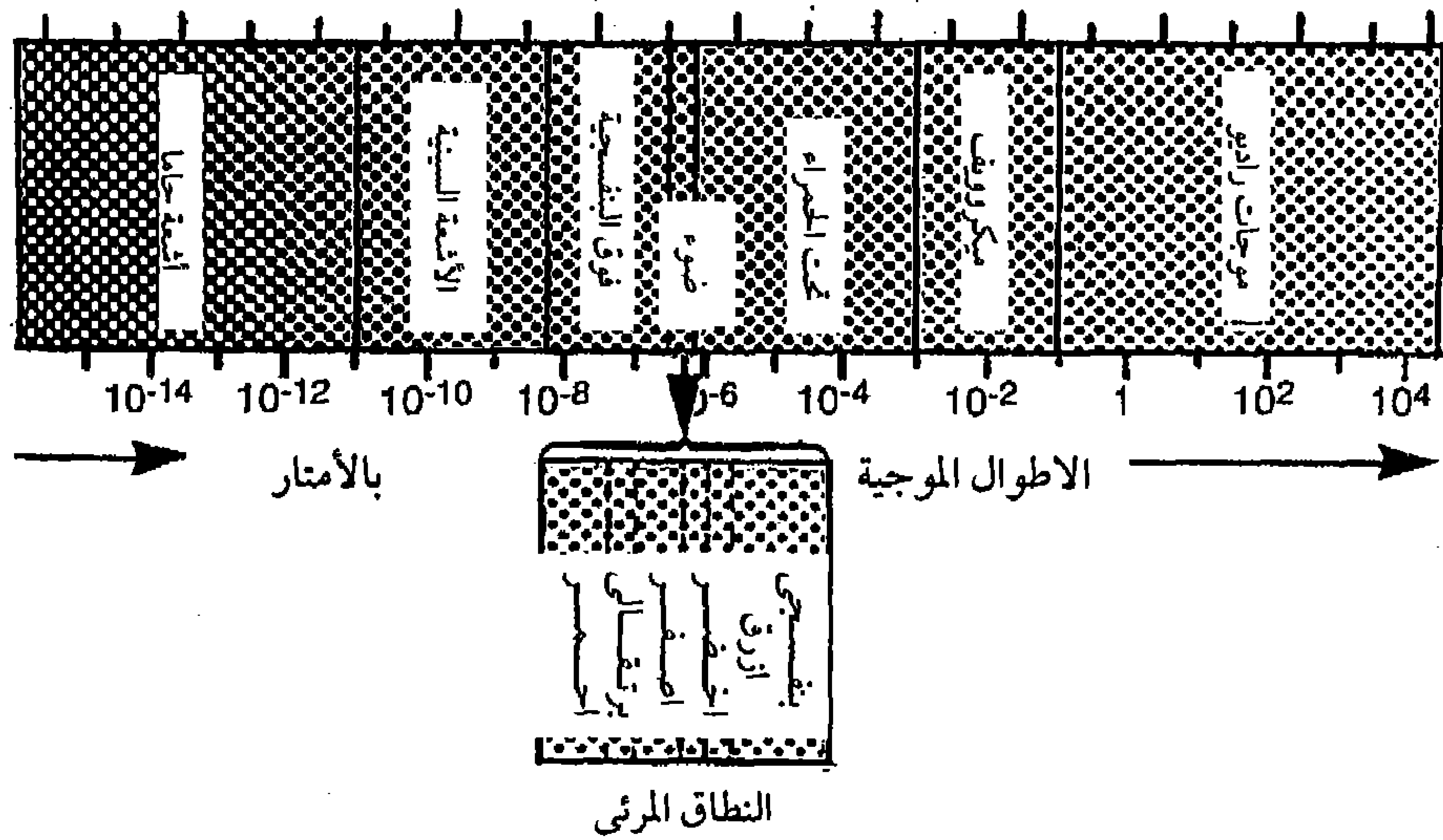


ولكن رصد أشباه النجوم كان يتطلب أساليب رصد جديدة تمامًا . لذلك قبل ذكر الجوانب المثيرة فى أشباه النجوم دعنا نقوم بتوضيح شىء نحتاج لمعرفته.

شىء نحتاج إلى معرفته : الطيف الكهرومغناطيسى

الطيف الكهرومغناطيسى غنى جداً حيث إن شقيه نادراً ما يستخدمان خارج العلوم الطبيعية. الشق (الكهرومغناطيسى) يعنى أن الموجات التى ستحدث عنها (ضوء، راديو، تحت الحمراء) تتكون من مجالات كهربائية ومغناطيسية مهتزة (تتغير شدتها مع تغير الوقت والمكان). أما الشق (الطيف) فيشير إلى مدى أحجام هذه الموجات (أى أطوال موجاتها الموجية).

والطيف الكهرومغناطيسى يشير إلى كل الأطوال الموجية الممكنة للإشعاع الموجود فى الطبيعة. والموجات التى لها أطوال موجية مختلفة تكون لها خواص مختلفة وتولدها بعمليات فيزيائية مختلفة. علاوة على أنه لابد أن يتم كشف هذه الموجات بأجهزة مختلفة تماماً والإشعاع غير المرئى الذى يأتى من النجوم والمجرات (بالطبع بالإضافة إلى الضوء المرئى أو النطاق الضوئى) يمدنا بمعلومات مفيدة بالرغم من أنه لا يرى بالعين المجردة.



والأطوال الموجية تغطى مدى واسعاً من القيم ابتداء من الأشعة السينية (أقل من المسافة بين الذرات فى المادة الصلبة) إلى موجات الراديو (طولها يصل الى عدة كيلو مترات). وهذه الموجات تتحرك بنفس سرعة الضوء. وهناك علاقة بسيطة بين الطول الموجى وتردد مصدر انبعاث هذه الموجات وسرعة انتقالها :

(الطول الموجى) X (التردد) = (سرعة الضوء).

وقبل الستينيات من القرن العشرين كان علم الأرصاد يعنى علم الفلك الضوئى (أو المرئى) وهو عبارة عن النظر عبر تلسكوبات مكونة من عدسات زجاجية أو مرايا عاكسة الملاحظة بالعين أو بكاميرات حساسة جداً. وتم استخدام بعض الأفلام الحساسة لقياس جرم الأشعة تحت الحمراء غير المرئية التى لها أطوال موجية أكبر من الضوء. ولكن خلال أواخر الخمسينيات والستينيات أصبح كل النطاق الكهرومغناطيسى تقريبًا من الممكن التقاطه بواسطة علماء الأرصاد، وأصبح لدينا الآن علم فلك الأشعة وعلم فلك الميكروويف وعلم فلك الأشعة تحت الحمراء وعلم فلك الضوء، وعلم فلك الأشعة فوق البنفسجية وعلم الأشعة السينية وعلم فلك أشعة جاما. والاكتشافات العظيمة فى الستينيات نتجت عن مدّ الملاحظة خارج النطاق الضوئى خاصة إلى مدى الأطوال الموجية الكبيرة من الميكروويف وموجات الراديو. وقد تم اكتشاف أشباه النجوم والنجوم النابضة (والتى سيتم توضيحها فيما بعد) فى نطاق ترددات الراديو، أما الخلفية - الإشعاع الخلفى الكونى - فتم اكتشافه فى نطاق الميكروويف . وعلى الجانب الآخر من الطيف قام علم فلك الأشعة السينية بإمدادنا بأول دليل على وجود الثقوب السوداء من ملاحظات كوكبة سجنوس (س-١) فى أواخر السبعينيات.



جيمس كلارك ماكسويل
أستاذ آخر من
جامعة كمبردج

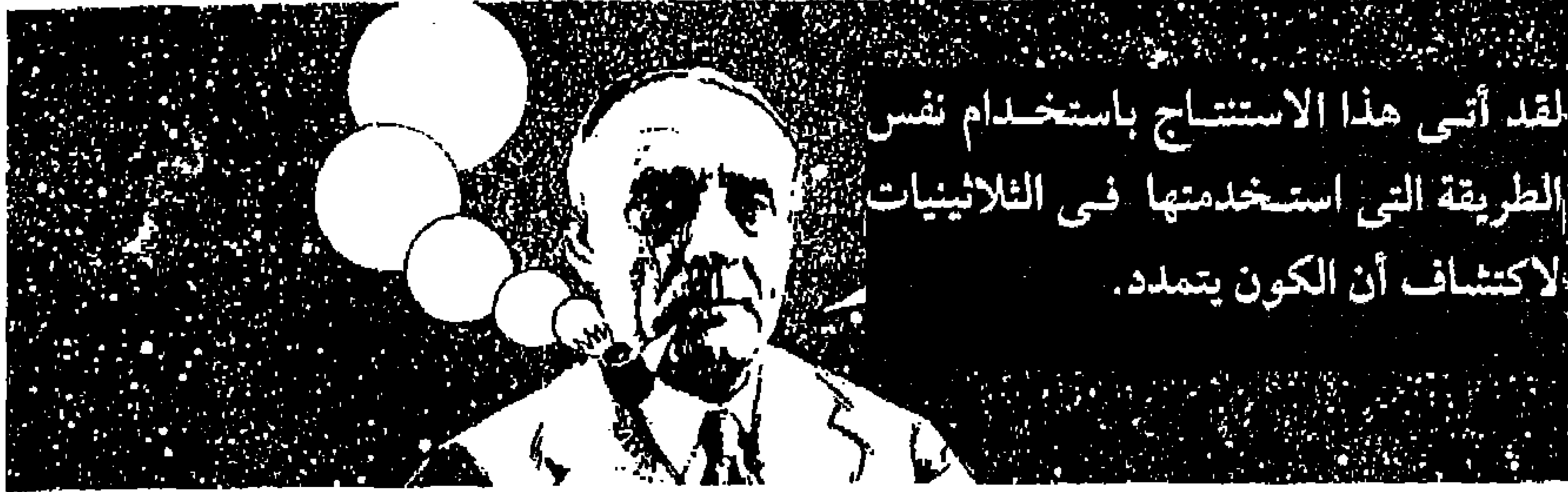
١٩٦٣ : أشباه النجوم Quasars

كشفت الملاحظات الدقيقة التى قام بها علماء الفلك الضوئى والراديو فى الفترة من ١٩٦٠ إلى ١٩٦٢ أن هناك أكثر من نصف دستة أجسام مضيئة فى السماء صغيرة كالنجوم؛ ولكنها ذات طيف ضوئى غريب، لا يشابه أى نجم لوحظ من قبل.

ولقد تحير الجميع من هذه الأجسام حتى قدم عالما الفلك مارتن شمدت وجيس جرينتشين فى كالتك اكتشافًا فى الخامس من فبراير عام ١٩٦٣ .

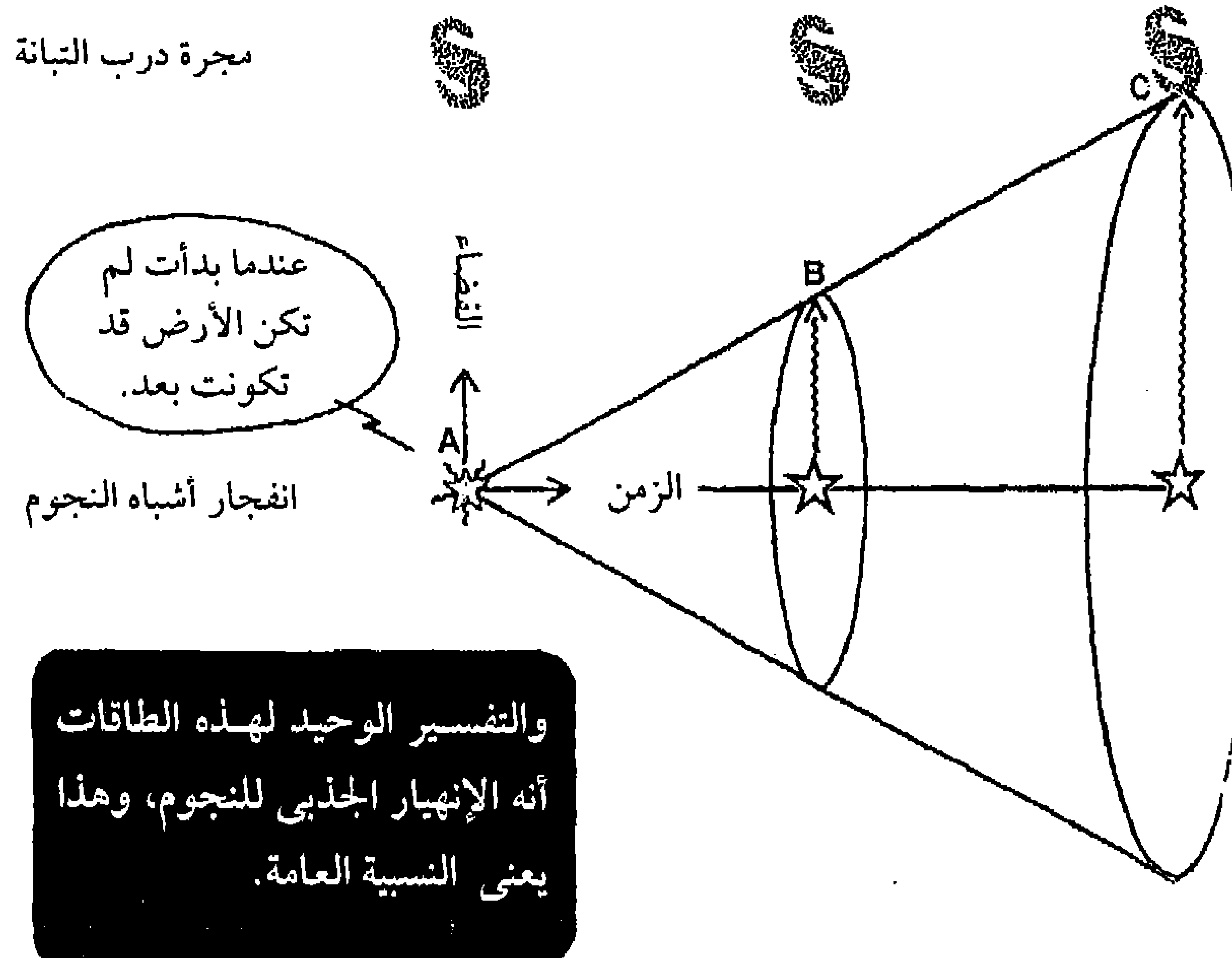


وقد أوضحت القياسات أن أشباه النجوم تتحرك مبتعدة عن الأرض بسرعات هائلة ولذلك لابد أنها بعيدة جداً جداً.



لقد ساد الاعتقاد فى البداية بأنها نجوم فى مجرة درب التبانة، ولكن سرعان ما قال مكتشفاها بأن هذه الأشياء عن الأرض نتيجة لتمدد الكون. ولكن فلى المسافات الهائلة التى تم قياسها، منها اتضح أنها تشع طاقة أكبر مائة مرة من أكثر المجرات إضاءة على الإطلاق.

ضوء أشباه النجوم يترك أشباه النجوم عند نقطة A وبعد مرور بلايين السنين عند النقطة B لم يصل الضوء إلى مجرة درب التبانة بعد. وفى النهاية عندما يصلنا الضوء عند النقطة مثل C فإننا نلتقطه كما كان النقطة A.



١٩٦٥ : إشعاع الخلفية الكونية

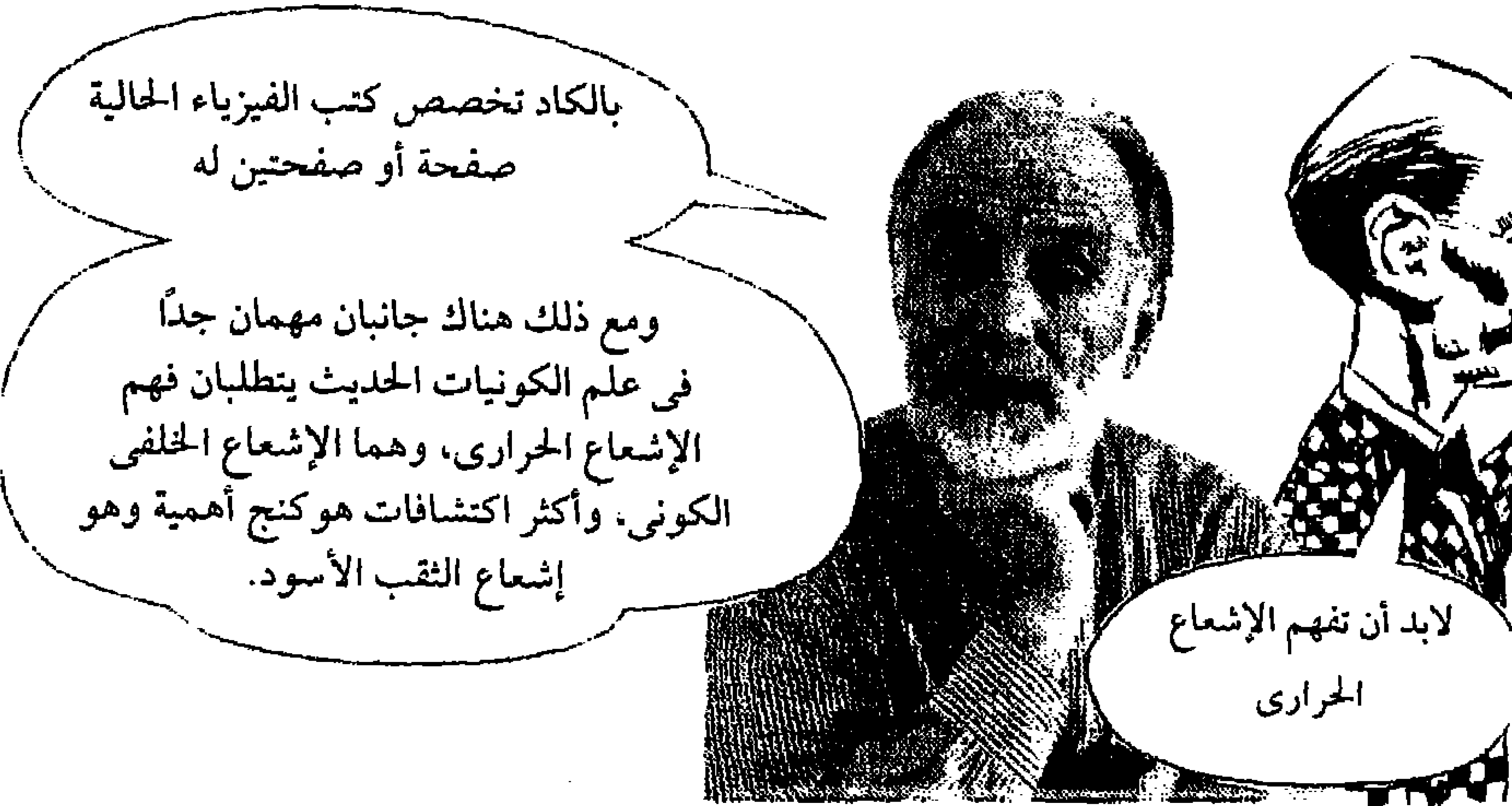
فى عام ١٩٦٥ اتضح أن الموجات الدقيقة الغريبة اكتشاف الميكروويف بالمصادفة من الفضاء الخارجى أول دليل تجريبي على احتمال صحة نموذج الانفجار العظيم. وقبل ذلك كان هذا النموذج يعتبر مزحة أو فكاهة، ونعرض الآن كيف حدث؟ ... لقد جعل تصور القس آبى جورج لومتر فى عام ١٩٢٧ للكون على أنه ذرة أولية (أو «بيضة كونية») بعض علماء الكونيات أن يتصوروا الكون الأولى على أنه بلازما ساخنة عالية الكثافة وسريعة التطور.

أخذ أحد من أكثر هؤلاء المنظرين خيالاً وهو جورج جامو الروسي ـ المفكر الذي هاجر إلى أمريكا ـ فى حسبانه تأثير تبريد هذه البلازما عندما تمدد الكون.، عند ذلك قام بتنبؤ واحد من أهم التنبؤات فى تاريخ العلم.



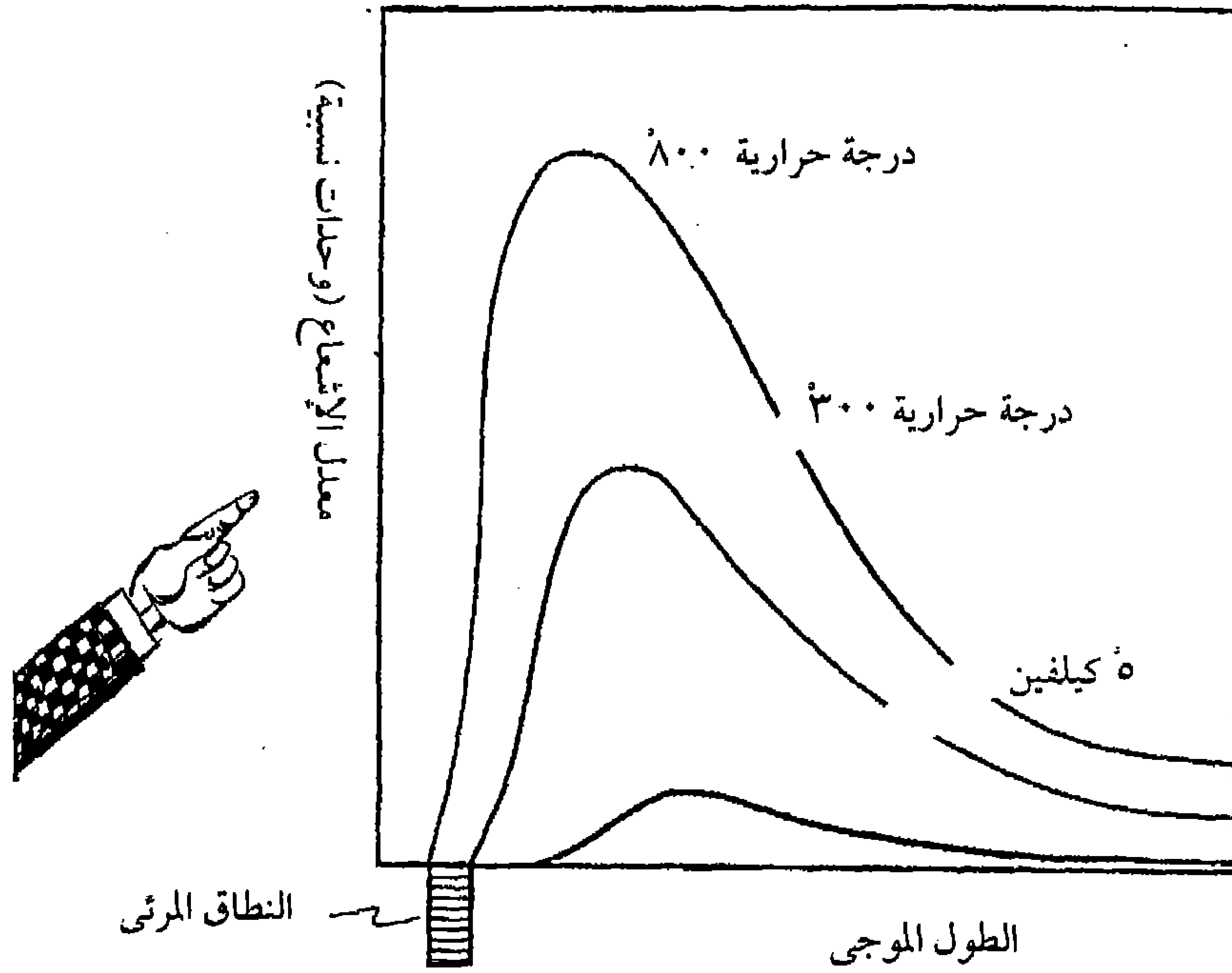
كل الأجسام الساخنة (كل جسم له درجة حرارة ما) تصدر موجات كهرومغناطيسية متواصلة تسمى الإشعاع الحرارى حتى لو كانت درجة حرارته خمس درجات فوق الصفر المطلق. والسؤال كان: كيف نقيس هذا الإشعاع؟ وفى أى نطاق من الطول الموجى نبحث فيه؟ ولكى نكمل هذا الجزء من القصة هناك شىء يجب أن نعرفه !

شىء ما نحتاج لمعرفته : الإشعاع الحرارى



الفيزيائية الكامنة للإشعاع الحرارى بسيطة جداً بالرغم من أنه تطلب فرضا جذريا (بدءاً من نظرية الكم) ومن ماكس بلانك فى عام ١٩٠٠ لتفسير تفاصيله. وقد وضحت نظريته كيف أن اعتماد المعدل النسبى لانبعاث الطاقة المشعة (موجات كهرومغناطيسية) يعتمد على الأطوال الموجية عند درجات حرارة مختلفة. وتوضح المنحنيات النظرية لبلانك أن الإشعاع لاينتشر وتتحول قمته إلى الأطوال الموجية الأكبر كلما نقصت درجة الحرارة.

- عند درجة حرارة ٨٠٠ْم يتم انبعاث كمية كافية من الإشعاع المرئى تجعله يبدو أحمر متوهجًا بالرغم من أن القدر الأكبر المنبعث يكون في نطاق الأشعة تحت الحمراء.
- عند ٣٠٠ْ م تقوم الموجات الأطول من الضوء الأحمر بنقل كل الطاقة المنبعثة، وتسمى الأشعة تحت الحمراء. ولا يتم انبعاث أي إشعاع في نطاق من الضوء المرئى..
- عند خمس درجات فوق الصفر المطلق (أو -٢٦٨ْم) يكون الإشعاع كله خارج نطاق الأشعة تحت الحمراء فى نطاق الموجات الدقيقة؛ ولذلك فإن القياسات تتطلب مستقبلات خاصة للموجات الدقيقة.



وحيث إن شكل هذا المنحنى تحدده درجة حرارة الجسم المشع فقط، فإن قياس الأطوال الموجية المختلفة يعطينا تنبؤا بدرجة حرارة. وعلى العكس إذا عرض درجة حرارة الجسم المشع فيمكننا التنبؤ بشكل الإشعاع وتوزيعه من خلال معادلات نظرية.



إذا عدنا إلى تنبؤ جامو، نجد أن المنحنى النظرى لتوزيع الإشعاع الحرارى عند درجة حرارة خمسة فوق الصفر المطلق يدل على أن قمة هذا الإشعاع يجب أن تكون فى نطاق الموجات الدقيقة للطيف الكهرومغناطيسى. وبينما كانت مجموعات أخرى تقوم بالتخطيط لتجارب تفحص الموجات الدقيقة التى ذكرها جامو، اكتشفها باحثان بالمصادفة وهما أرنو بنزياس وروبرت ولسون فى معامل تليفونات بيل فى شمال نيوجيرسى فى الولايات المتحدة الأمريكية.



تاريخ الكون

أدى تمدد الكون إلى ترقيق وتبريد الشهاب الأبيض الساخن للانفجار العظيم. وكان الإشعاع ما زال موجوداً إلا أن أطواله الموجية مددة التمدد حتى وصلت إلى نطاق



الموجات الدقيقة حيث اكتشفه بنزياس وولسون. وبالرغم من أنهما لم يستطيعا القياس إلا عند طول موجي واحد، فإن بنزياس وويلسون فازا بجائزة نوبل لكونهما أول من استطاع أن يؤكد عمليًا هذا الدليل الوحيد على الانفجار العظيم.

وهكذا فتح هذا الاكتشاف مجالاً جديداً للبحث في علم الكون وهو دراسة منشأ الكون من خلال الإشعاع الخلفي الكوني.

لقد أدى اكتشاف خلفية الموجات الدقيقة فى عام ١٩٦٥ إلى تفنيد نظرية الحالة المستقرة وتوضيح أن الكون لابد أنه كان شديد الحرارة والكثافة فى فترة ما فى الماضى ولكن هذه الملاحظات لا تستبعد أن يكون الكون فهذه عند كثافة كبيرة نوعاً ولكنها ليست كثافة متناهية الكبر.

وقد استند هذا التفنيد إلى أسس نظريةفى نظرية التفرد التى أثبتها أنا وبنروز، وقد قمنا بنشر بحث بعنوان التفردات فى إنهيار الجاذبية وعلم الكونيات، وهو عبارة عن نظرية تفرد وضحت أن المفهوم الكلاسى للزمن لابد أن تكون له بداية فى تفرد فى الماضى (أى الانفجار العظيم) وتضمنت هذه النظرية أيضاً أن الزمان لابد أن ينتهى على الأقل فى جزء من الزمكان عندما ينهار نجم



ومنذ ذلك الوقت اهتمت أعمالى بتوابع هذه النتائج وآثارها الضمنية

واستمر علماء الفلك الراديوى فى اكتشاف العديد من مجرات الراديو (أى تلك التى تشع موجات كهرومغناطيسية فى الأساس فى نطاق موجات الراديو). بعد ذلك فى عام ١٩٦٧ قامت طالبة بحث فى جامعة كمبردج تسمى جوسلين بيل باكتشاف نبضات حادة عالية الانتظام على طول موجى ٣,٧ متر من إحدى هذه المجرات. واعتقد علماء الفلك الراديوى فى كمبردج أنهم قد اتصلوا بحضارة خارج الأرض !



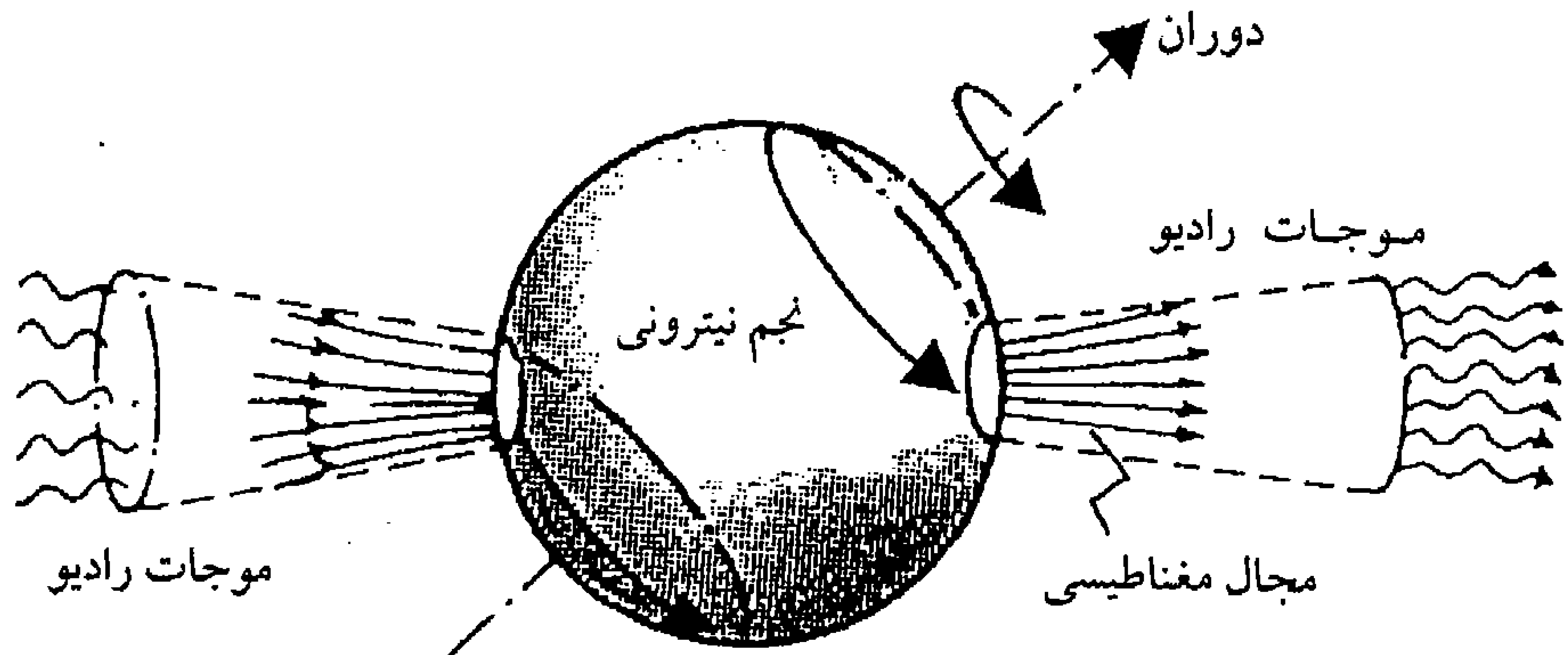


كانت هذه النبضات ضيقة جدًا، وكان ذلك يعنى أن مصدرها لابد أن يكون صغيرًا جدًا؛ لأنه لايمكن أن يقوم جسم كبير ببعث نبضات قصيرة حادة كما أن زمن انتقال الإشعاع من أجزائه المختلفة سيشوه الإشارة. ولابد أن يكون ذلك شيئًا على درجة عالية من الانضغاط، أى جسم قطره أقل من ثلاثة آلاف كيلو متر. ومع ذلك يبعد عنا نفس المسافة التى تبعدها النجوم لكى تصل إلينا بمثل هذه الحدود الواضحة، لابد أنها كانت على درجة عالية من الانضغاط. أى أنها قادمة من جسم قطره أقل من ثلاثة آلاف كيلو متر على نفس مسافة النجم.

وعندما كـان علماء فلك الـراديو في كمبـردج يعلنون نتائـجهم، كان منظـرو قسم الرياضيات التطبـيقية والفيـزياء النظرية ـ وهم سياما وهوكنج وريز يـجلسون في الحلقة الدراسية معجبين بأنفسهم

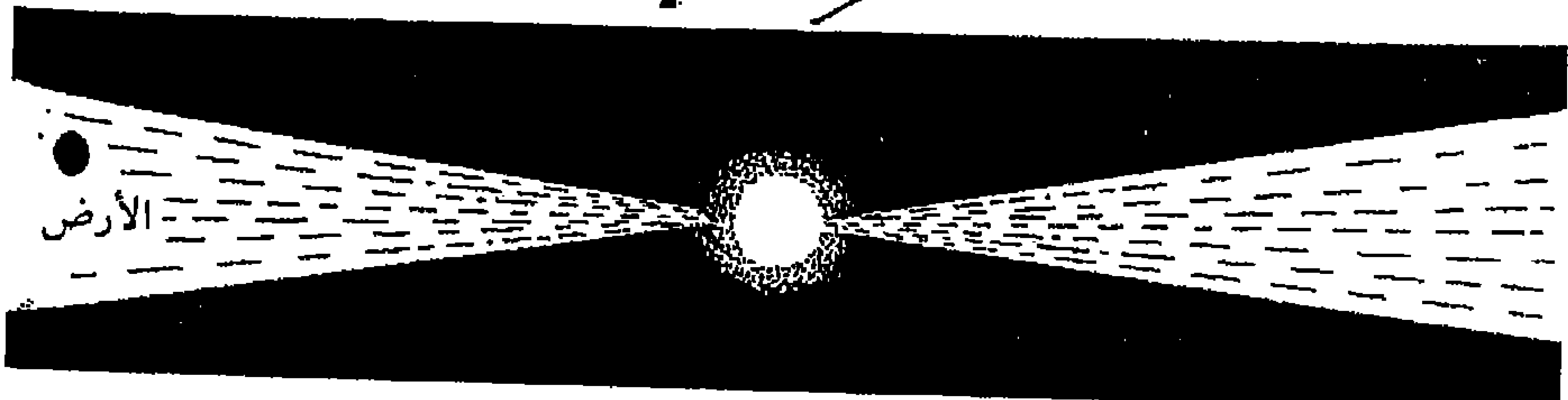






وقد أخذ الأمر أشهرًا قليلةً من المناقشة حتى أصبح واضحًا. وكان أول من أوضح ذلك هو تومى جولد والذى كان يبحث منذ وقت مبكر فى نظرية الحالة المستقرة.





الثقوب السوداء:ويلر يعطى وسائل الإعلام مصطلحًا رنانًا

مع نهاية الستينيات من القرن العشرين كان كل الناس يتحـدثون عن النجوم المنهارة بالجاذبية. وقد أصبحت النجوم المنهارة جزئياً (الأقزام البيضاء والنجوم النيترونية) أشياء مألوفـة جداً عند علماء الفلك. ولكن جون ويلـر كان يهتم بالنجوم ذات الكتلة الكـبيرة والتى تنهار كليًا.



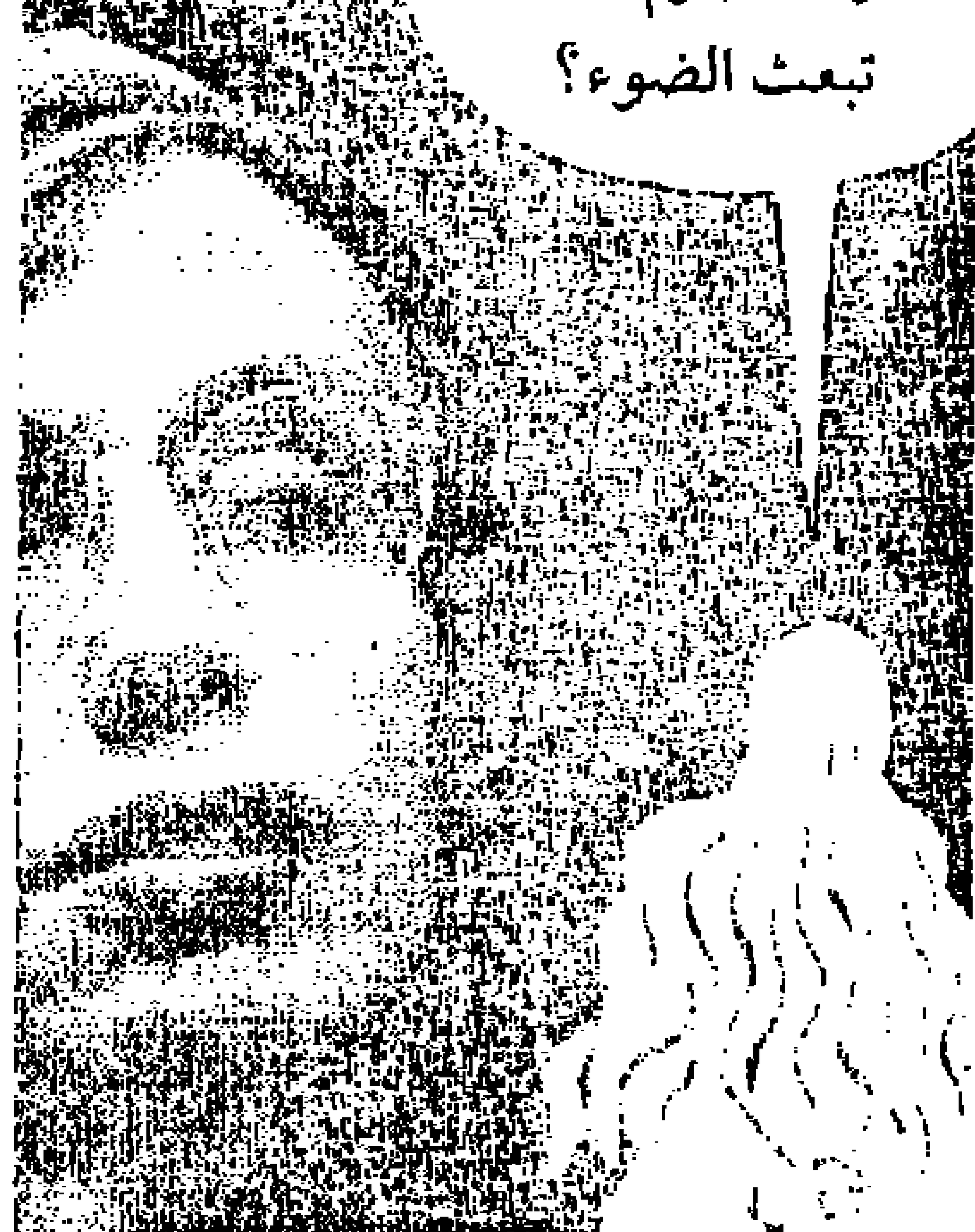
وكـان لهذه الكـلمة تأثير السـحر ،حيث بدأ كل شـخص فى استخـدامـها، وحـتى المتخصـصين يعرفون الآن أنهم يتـحدثون عن نفس الشىء. وقد حلت «الثـقوب السوداء» محل «النجوم المنهارة كليا بالجاذبية» فى موسكو وبازادينا وبرنستون وكمبردج.

عصر الثقوب السوداء

هاجت وسائل الإعلام وأصبحت على الأقل قادرة على تلخيص الفيزياء الجديدة المعقدة وعلم الفلك فى كلمتين بسيطتين قد شاعتا فى أعمدة الجرائد. والتقط الكتاب هذا المصطلح الرنان الجديد، وظهرت كتب جديدة على أرفف العلوم المبسطة والخيال العلمى. أما فى التليفزيون فصار لـ star teek محطات وصول جديدة موحشة تصل إليها سفنها الفضائية. أما فى حفلات العشاء كان يطلب من العلماء فى الحال تفسير الثقوب السوداء لأصدقائهم. وكذلك أصبحت الثقوب السوداء كلمات منزلية مألوفة ... ولكن هل يعرف أى أحد حقيقة معناها ؟




ما الثقب الأسود؟
الثقب الأسود


عندما يحرق النجم كل وقوده ينهار بفعل جاذبيته.
كما تعرف كنت أتساءل دائمًا مما تتكون النجوم وكيف تبعث الضوء؟


لم يكن هذا سؤالاً بسيطاً. تخيل الحلول التى أوجدها شوارتز تشيلد وأوبنهايمر لمعادلات أينشتين وتذكر كيف تقوم الطبيعة بضغط هذه الأجسام السماوية حتى يطويها الفضاء ثم تختفى ... كل ذلك دون أن أستخدم يدى .
ولكن كيف تقوم الطبيعة بضغط هذه الأجسام الهائلة فى السماء ؟

مولد وموت النجوم

تتكون النجوم عند انجذاب الجاذبية المتبادلة بين جزئياتها الطافية فى الفضاء (معظمها غاز الهيدروجين) الى تكوين الكتل وعندما تتجمع هذه الركامات تضغط الجاذبية على الجزئيات حتى تقترب بعضها البعض إلى حد كبير إلى أن تتفاعل تحت الضغط العالى مما يؤدى إلى زيادة فى درجة الحرارة

وتستمر هذه العملية حتى يتوهج الغاز مكونًا إشعاعًا كهرومغناطيسياً بكل الأطوال الموجية وكلما يزداد الانضغاط تزداد شدة التفاعلات حتى يصبح ضغط الإشعاع كبيرًا بدرجة كافية ليوقف أى انكماش جذبى.

عند ذلك يصل النجم إلى اتزان دينامى ويشع ضوءاً لعدة بلايين من السنين

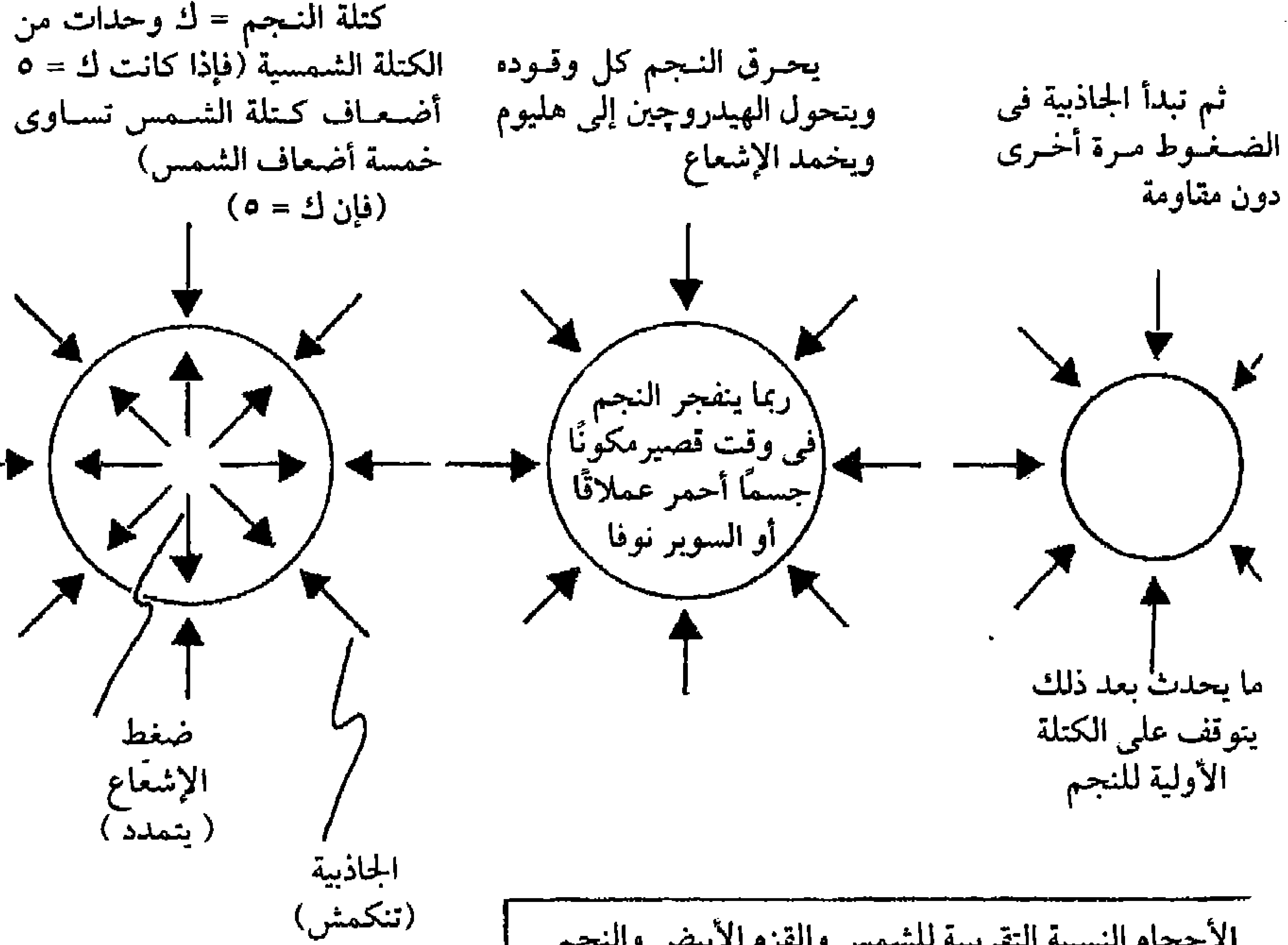

ولكن من أين يحصل النجم على الطاقة
ليقوم بتسخين الجزيئات بصورة مستمرة
وينتج الإشعاع ؟
كان العالم الإنجليزى العظيم السير أرثر إنجنون (الذى ربما كان أول عالم فيزياء فلكية فى العالم) أول من حل هذه المشكلة. وقسم بحثه الشهير عن التكوين الداخلى للنجوم كيف أن النجوم تستمد وقودها من تفاعل فى مركزها يوفر الطاقة التى يتم بها تسخين ذرات الغاز على الدوام.


وقد تركتها لعالم الفيزياء النووية هانز بيت فى عام ١٩٣٨
على أية حال، فى ذلك الوقت لم أكن أفهم العملية التى تتم فى مركز النجم وتولد الإشعاع


لقد أظهرت أن هناك تفاعل
اندماج نووى (دمج الهيدروجين مع
الهيدروجين الثقيل لتكوين الهليوم)
هو الذى يولد الطاقة.
وقد وضحت معادلة العلاقة
بين الطاقة والكتلة التى وضعتها ط = ك س٢
كيفية إنتاج كميات من الطاقة عن طريق تحويل
جزء من كتلة النجم إلى حرارة وإشعاع أى أن النجم يحرق
وقوده بالتدريج.


وكذلك عندما ينفد كل الوقود
تسود الجاذبية مرة أخرى ويتحول
النجم إلى ثقب أسود أليس كذلك؟
حسنًا، إن الأمر معقد أكثر من ذلك
بقليل، حيث إن الحالة النهائية تعتمد على
مقدار كتلة النجم الابتدائية.

كيف تنهار النجوم لتكون الأقزام البيضاء
والنجوم النيترونية والثقوب السوداء؟



يحترق النجم لبلايين السنين فى اتزان دينامى مشعًا ضوءًا وحرارة.

الأحجام النسبية التقريبية للشمس والقزم الأبيض والنجم النيترونى والثقب الأسود

قزم أبيض	الشمس
نجم نيترونى	قزم أبيض
ثقب أسود	نجم نيترونى

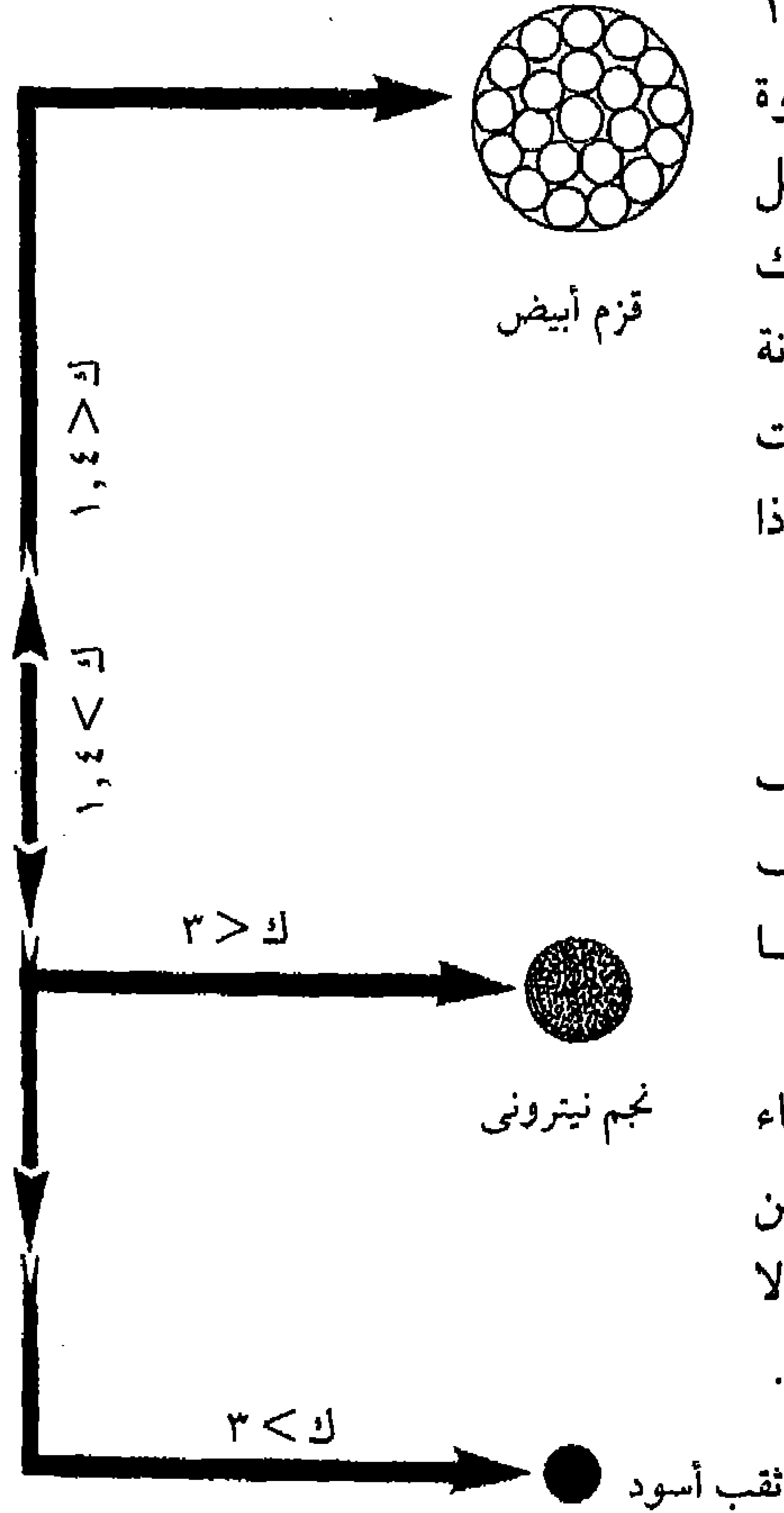
القـزم الأبيض (نصف القطر = ١٦٠٠ ميـل) إذا كـانـت ك أقل من ١,٤ يـنكمش النجم حـتى تتـداخل ذرات الغـاز. عند ذلك تكون قـوى التنافر بيـن الإلكترونات كـافيـة لوقف عملية الانكماش.

النجم النيـتـرونى (نصف القطر = ١٦ كم) إذا كانت ك أكـبر من ١,٤ تـتـغلب قوة الجذب على مـقاومة الإلكتـرونات مما يجعل الإلكتــرونات تســقط فى النـواة، عند ذلك تندمج الإلـكتـرونات والـبـروتونـات مكونة نيـتـرونات. ويقـوم التنافـر بين النيــتـرونات بوقف الانـكمــاش النـاتج عن الجـــذب إذا كانت ك أقل من ٣ .

الثقب الأسود

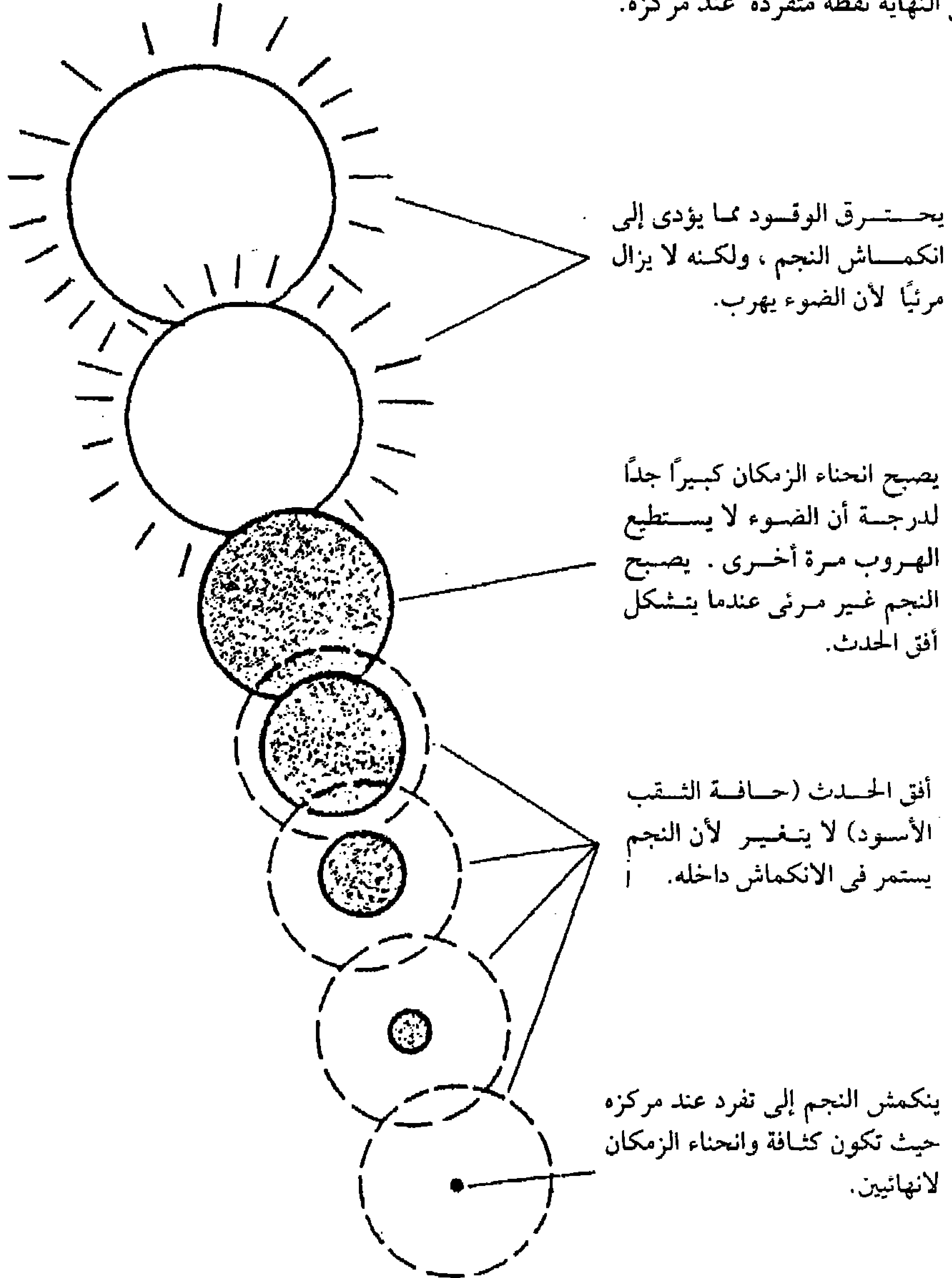
إذا كـانت ك أكبـر من ٣ (ثلاثة أضعـاف الكتلة الشمــسية) لا يـستطيع أى شىء وقف الانكمـــاش. عند ذلك ينهـــار النجم تمـامـا ويختفى عن الرؤية؛ يتكون ثقب أسود.

تـم تصـوير بقايا بعـض الأقزام البـيضـاء والتقاط نبضات النجوم النيترونية الدوارة من خـــلال التلسكوبات الـلاسلكيـــة، ولكن لا يمكن رؤية الثقوب السوداء بصورة مباشرة.



فى حالة الـثقب الأسـود يكون انحـناء الفضاء كـبيـراً جداً لدرجـة أنه عند نصف قطر مـعـين (يـسـمى أفق الحـدث) ينثنى الضـــوء المنبــعـث من سطح الـنجم إلى داخله، وهـذا يعنى أن الأشعـة تدخل فى النجم بدلاً من الابتعاد عنه ، وبذلك يخـتفى النجم عن رصد نظر أى مشاهد خارجى.

تظهر هذه الدوائر متناقصة الحجم كيف أن النجم المحترق كبير الكتلة عندما يتناقص قطره يمر عبر أفق حدث ليشكل ثقبًا أسود، ويصير فى النهاية نقطة متفردة عند مركزه.



والرسم التـالى يوضح نفس المعلومات ولـكن فى شكل ثلاثى الأبعـاد يشـمل الزمن المتزايد الاتجـاه الرأسى. وهذا الرسم يوضح انحناء مسارات الضـوء ويبين كيف أن سطح النجم ينكمش حتى يُصير نقطة متفردة(عبر أفق الحدث) أثناء انهيار النجم. من المهم جداً فهم مسار أشعة الضوء من سطح النجـم حيث إنه يمر عبر أفق الحدث. قبل تكون الحدث الأفقى مباشـرة تنحنى أشعة الضوء بقوة بواسطة الجاذبيـة وتستطيع بالكاد أن تغادر سطح النجم. وبعد لحظات قليلة عندمـا يكون النجم داخل أفق الحدث يتم جذب أشـعة الضوء إلى داخل النجم باتجاه النقطة المنفردة عند المركز.

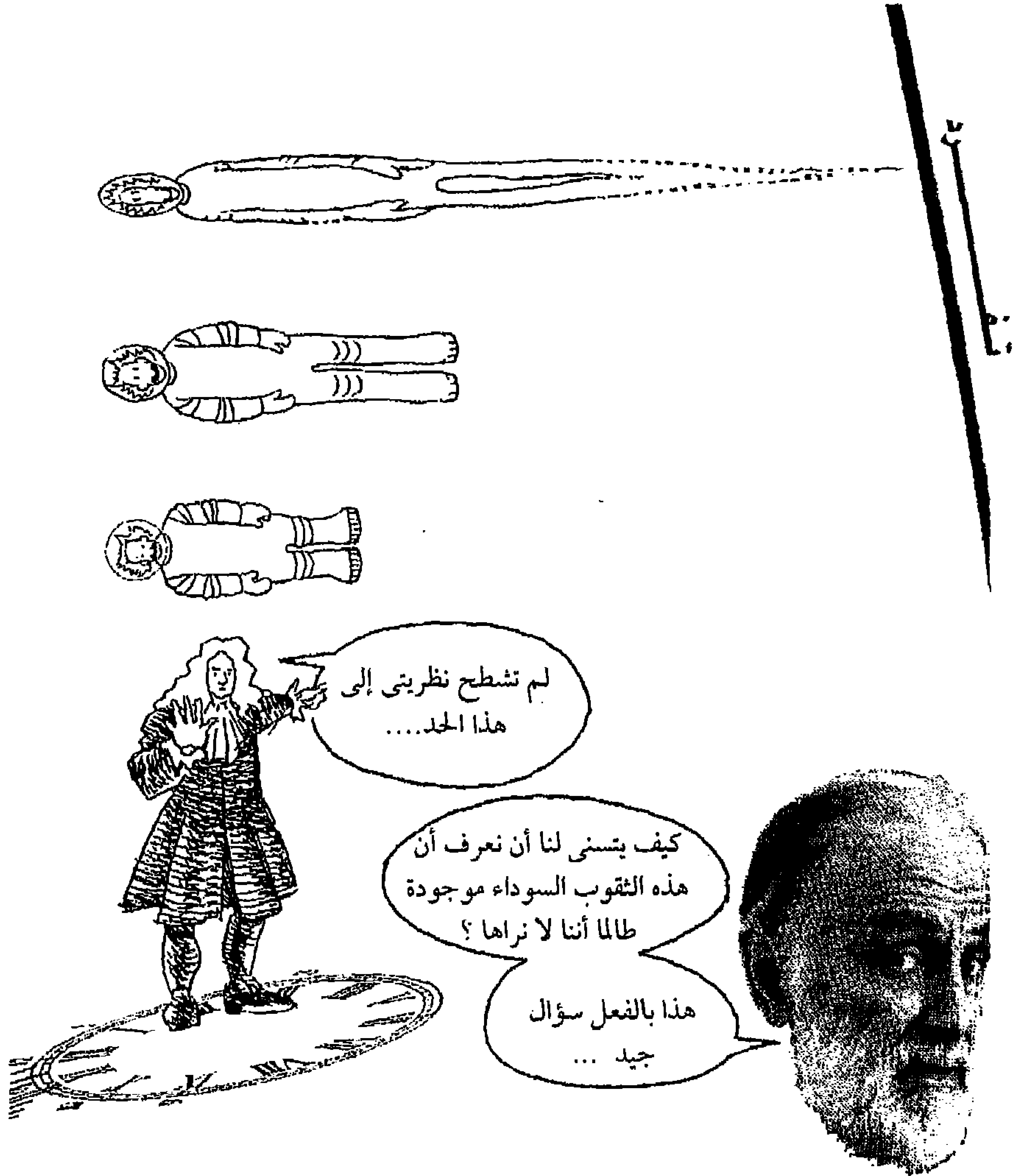
ولكن بين هاتين النقطتين عندما يكون النـجم قد وصل لتوه إلى أفـق الحدث تكون الجاذبية قوية جـداً لدرجة أنها لا تسمح للضوء بالخـروج من سطح النجم، ولكنها ليست على درجة القوة الـتى تسحب الضـوء داخل النجم، تحلق أشعـة الضوء عند سطح النجم وهذا هو أفق الحدث.

زمن
نصف قطر شوارتز تشيلد
يحلق شعاع الضوء
أفق الحدث
الثقب الأسود
يتم سحب شعاع الضوء
إلى داخل النجم
شعاع الضوء من
الثقب الأسود
سطح النجم عند وقت لاحق
مسارات الجزيئات على
سطح النجم
شعاع الضوء عندما
يبدأ الانكماش
سطح النجم عندما
يحترق الوقود

ماذا يحدث إذا طار شخص إلى داخل الثقب الأسود ؟

أجاب أينشتين وعلماء النسبية على هذا السؤال الذى فاق الخيال العلمى فبناءً على حل أوبنهايمر وسنايدر أى شخص يدخل خلال الحدث الأفقى لابد وأن يصطدم فى النهاية بنقطة التفرد مما يؤدى إلى كارثة فسيتم جذبه وعصره، وعندما يصل إلى مركز الثقب الأسود، وحينها سيشد جسده بطريقة لا نهائية ليصبح لا نهائى الطول وينضغط عرضه ليصل إلى الصفر مثل الإسباجيتى !

وحتى ذرات جسده سوف يحدث لها نفس الشىء !

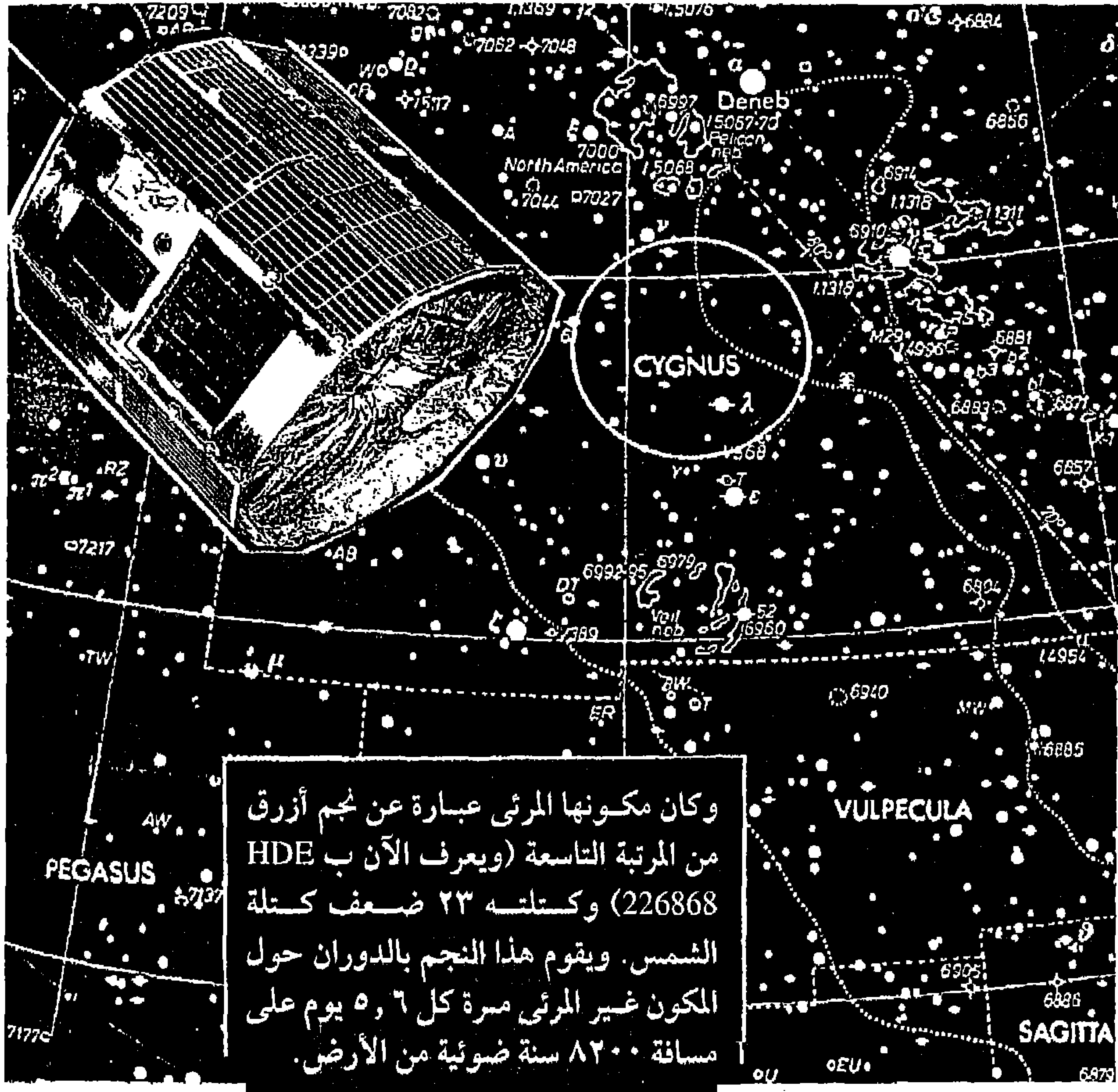


الدليل الرصدى للثقوب السوداء

ذكر ستيفن هوكنج أن هناك الآلاف والآلاف من الثقوب السوداء فى مجرة درب التبانة وحدها، ولكن حتى هذا اليوم لم يتمكن أى فلكى من ملاحظة اختفاء أى نجم معروف. لابد من استخدام طرق غير مباشرة مثل رصد نظام نجمى مزدوج يتكون من نجمين أحدهما مرئى والآخر غير مرئى (أى ثقب أسود). وقد كان لجون ويلر تشبيه ظريف عن هذا النظام.



فى ديسمبر عام ١٩٧٠ تم إطلاق قمر الأشعة السينية «أهورو» من ساحل كينيا. وكان علماء الفلك على وشك استخدام جزء آخر من الطيف الكهرومغناطيسى، وهى الأشعة السينية لجس السماء بدقة. وفى خلال سنتين تم التقاط ٣٠٠ مصدر للأشعة السينية. وكان أحد هذه المصادر فى المجموعة النجمية سجنوس ويسمى الآن (سجنوس X-١)) يشبه تمامًا النظام النجمى المزدوج الذى كان ينتظره المتحمسون للثقب الأسود.



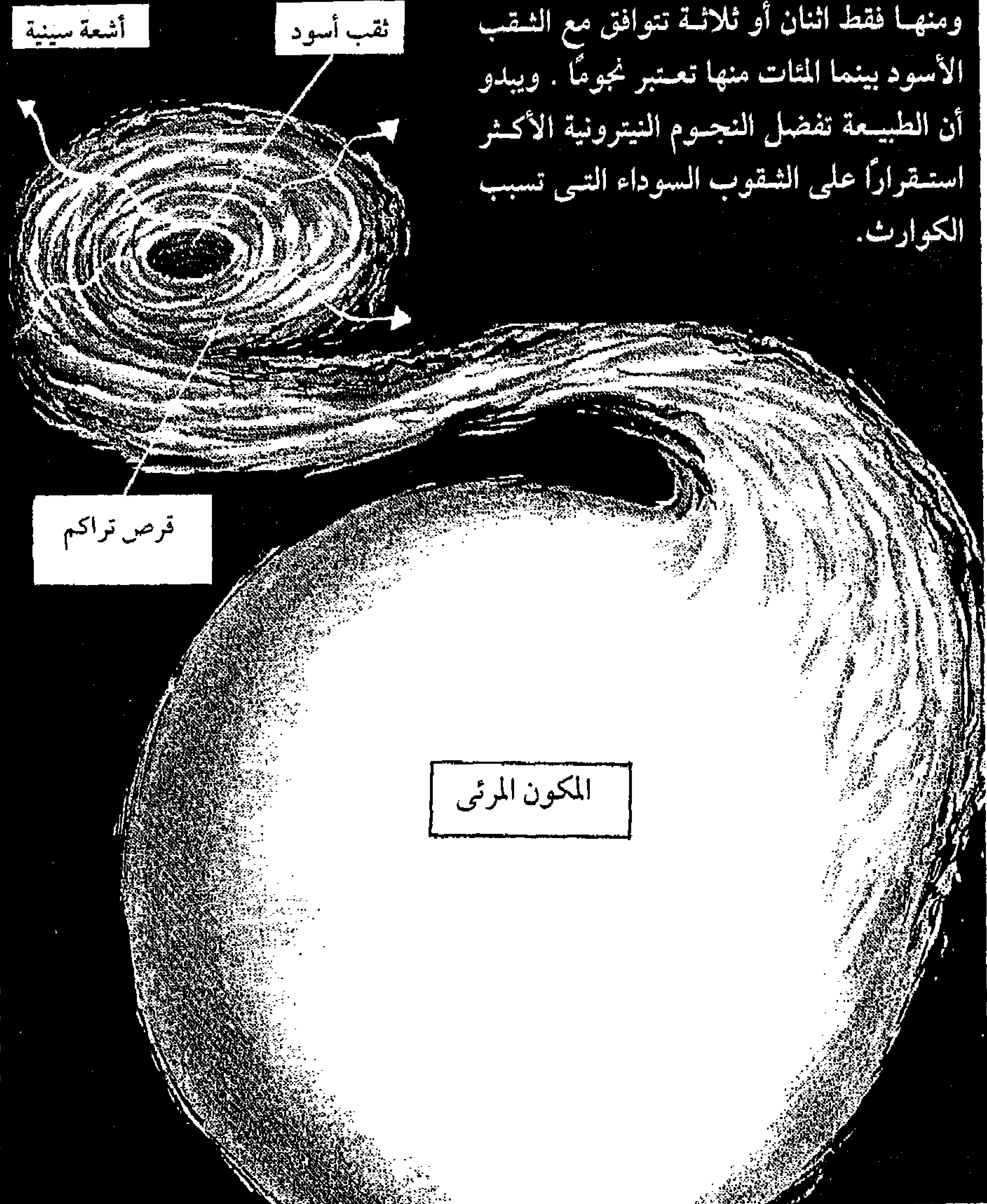
وكان مكونها المرئى عبارة عن نجم أزرق من المرتبة التاسعة (ويعرف الآن ب HDE 226868) وكتلته ٢٣ ضعف كتلة الشمس. ويقوم هذا النجم بالدوران حول المكون غير المرئى مرة كل ٥,٦ يوم على مسافة ٨٢٠٠ سنة ضوئية من الأرض.

وبواسطة التقدير الجيد لكتلته والملاحظات المعتمدة لفترة الدوران HDE 226868 تمكن علماء الفلك من حساب كتلة المكون غير المرئى وهى ١٠ أضعاف كتلة الشمس. وهى كبيرة جدا، ولا يمكن أن يكون نجمًا نيوترونيًا ، لذلك لابد أنه ثقب أسود.

سرعان ما طور المنظرون نموذجًا لتفسير الأشعة السينية ويعتقدون الثقب الأسود يقوم بمص المادة من شريكه المرئى صانعًا بذلك قرصًا تراكم حول نفسه. وتقوم الأجزاء الداخلية الساخنة والتى تتحرك بسرعة الضوء تقريباً بعمل انفجارات حادة من الأشعة السينية قبل اختفاء المادة الحلزونية داخل الثقب الأسود.

ومنذ اكتشاف سيجنوس X-١ تم إطلاق قمر صناعى آخر للأشعة السينية فى عام ١٩٧٨ يسمى أينشتين. وقد قام هذا القمر برصد أكثر من ١٠٠٠ مصدر للأشعة السينية.

ومنها فقط اثنان أو ثلاثة تتوافق مع الثقب الأسود بينما المئات منها تعتبر نجومًا . ويبدو أن الطبيعة تفضل النجوم النيترونية الأكثر استقراراً على الثقوب السوداء التى تسبب الكوارث.





Whereas Stephen Hawking has such a large investment in General Relativity and Black Holes and desires an insurance policy, and whereas Kip Thorne lik to live dangerously without an insurance policy,

Therefore be it resolved that Stephen Hawking bets 1 year's subscription to "Penthouse" as ag Kip Thorne's wager of a 4-year subscription to "Private Eye", tha Cygnus X1 does not contain a black hole of mass above th Chandrasekhar limit.

Conceded Stephen Hawking

Stephen Hawking — Kip S. Th

[redacted] Witnessed this tenth ...ember 1974

نص مراهفة ستيفن هوكنج مع كيب ثورن أن سجنوس X-١ ثقب أسود.

السبعينيات : هوكنج والثقوب السوداء

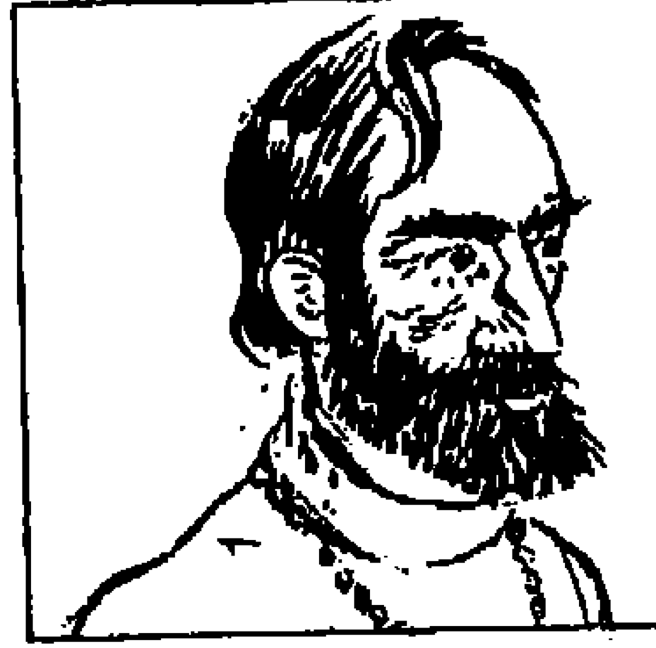


في بداية السبعينيات سادت النسبية العامة والثقوب السوداء. وكان هوكنج في هذه الأحيان يحتاج إلى مشاية ذات أربع أرجل ليتحرك بها، ولكنه كان متزنا وجاهزاً للعمل. وكان يعمل باستقلال ويختار شركاءه في العمل من جميع أنحاء العالم. وكان يطبق الأساليب الرياضية المتقدمة التي وضعها بنروز (من الطبولوجي في الأساس) على خواص الثقوب السوداء. ولم يستطع جون ويلر ومجموعته البحثية في برنستون وزيلدوفيتش ومجموعته في موسكو وكذلك كيب ثورن أحد الذين يرعاهم ويلر في ذلك الوقت في كالتش) لم يستطع كل هؤلاء مجاراة هوكنج. فقد تمكن من اتقان كل هذه الطرق الرياضية ، وتقدم عليهم. وأصبح اسمه مقرونًا بالبحث في الثقوب السوداء.

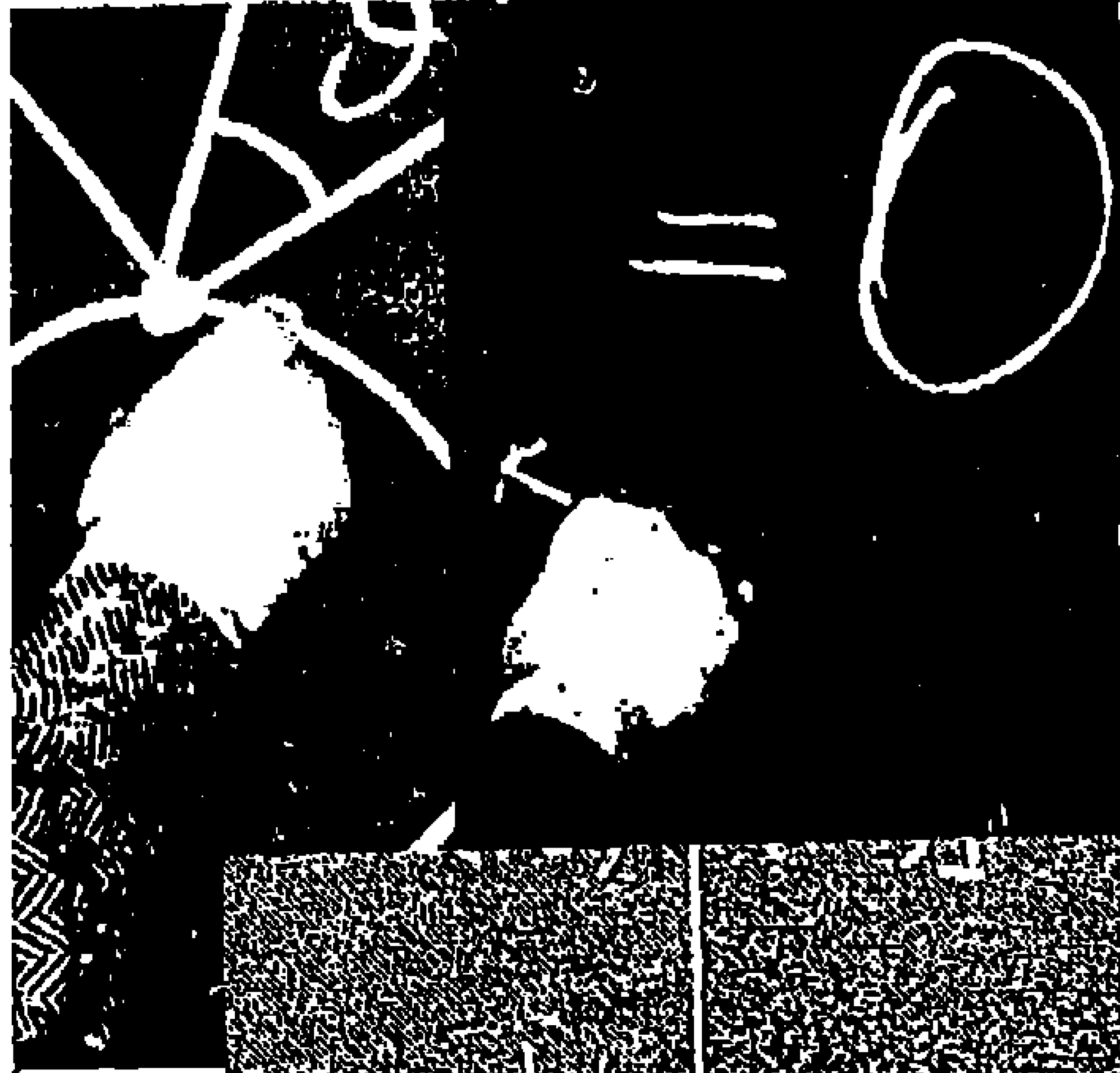




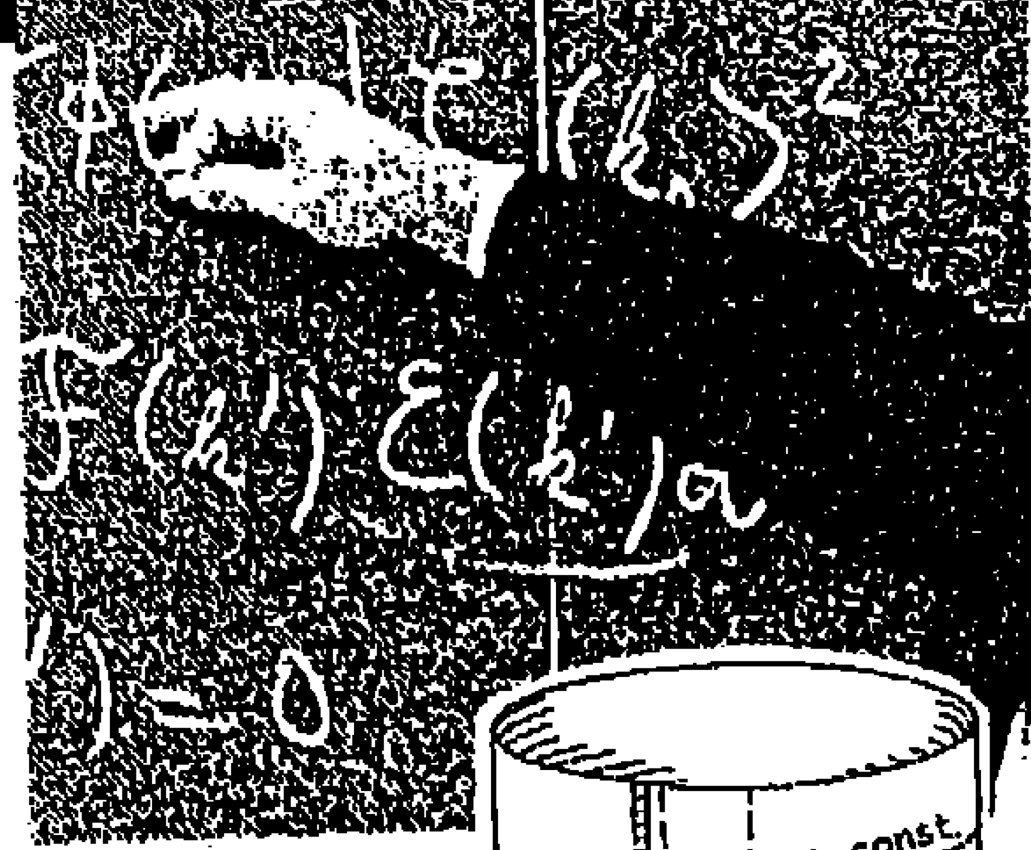
أصبح ثورن صديقًا حميمًا لهوكنج ولاحظ تطوره عن قرب.

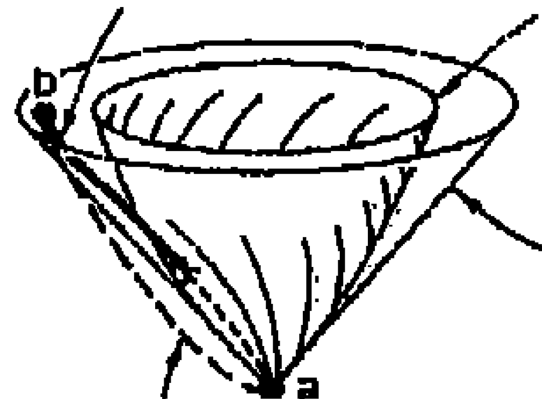


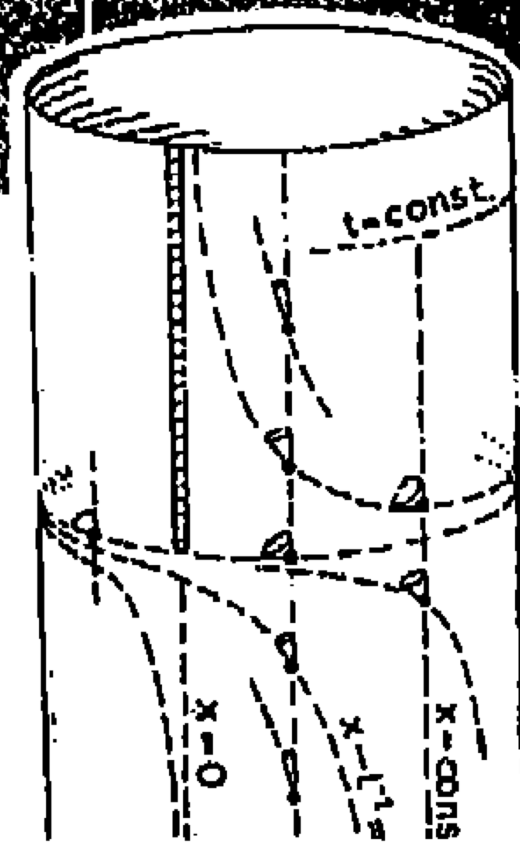
في نوفمبر ١٩٧٠ كان ستيفن هوكنج قد أصبح أحد كبار علماء الفيزياء. وكان له العديد من الاكتشافات المهمة بالفعل، ولكنه لم يكن شخصية ذائعة. ومع بداية السبعينيات صار ذائعًا ومع عجزه، كيف تمكن من التغلب في التفكير الحدس على زملائه ومنافسيه أمثال روجر بنروز وفرنر إسرائيل وياكوف بوريسوفيتش زيلدوفيتش ؟!

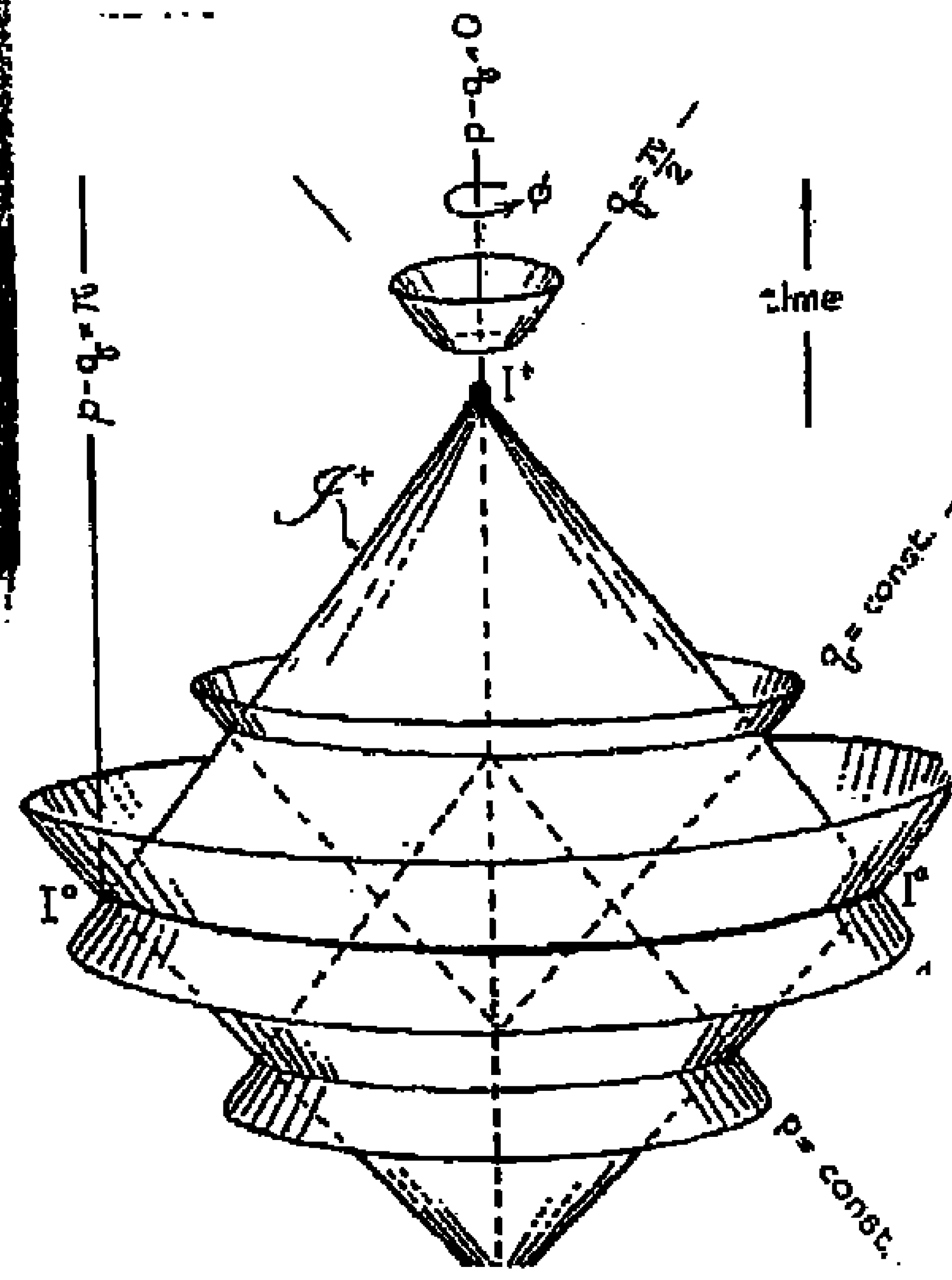


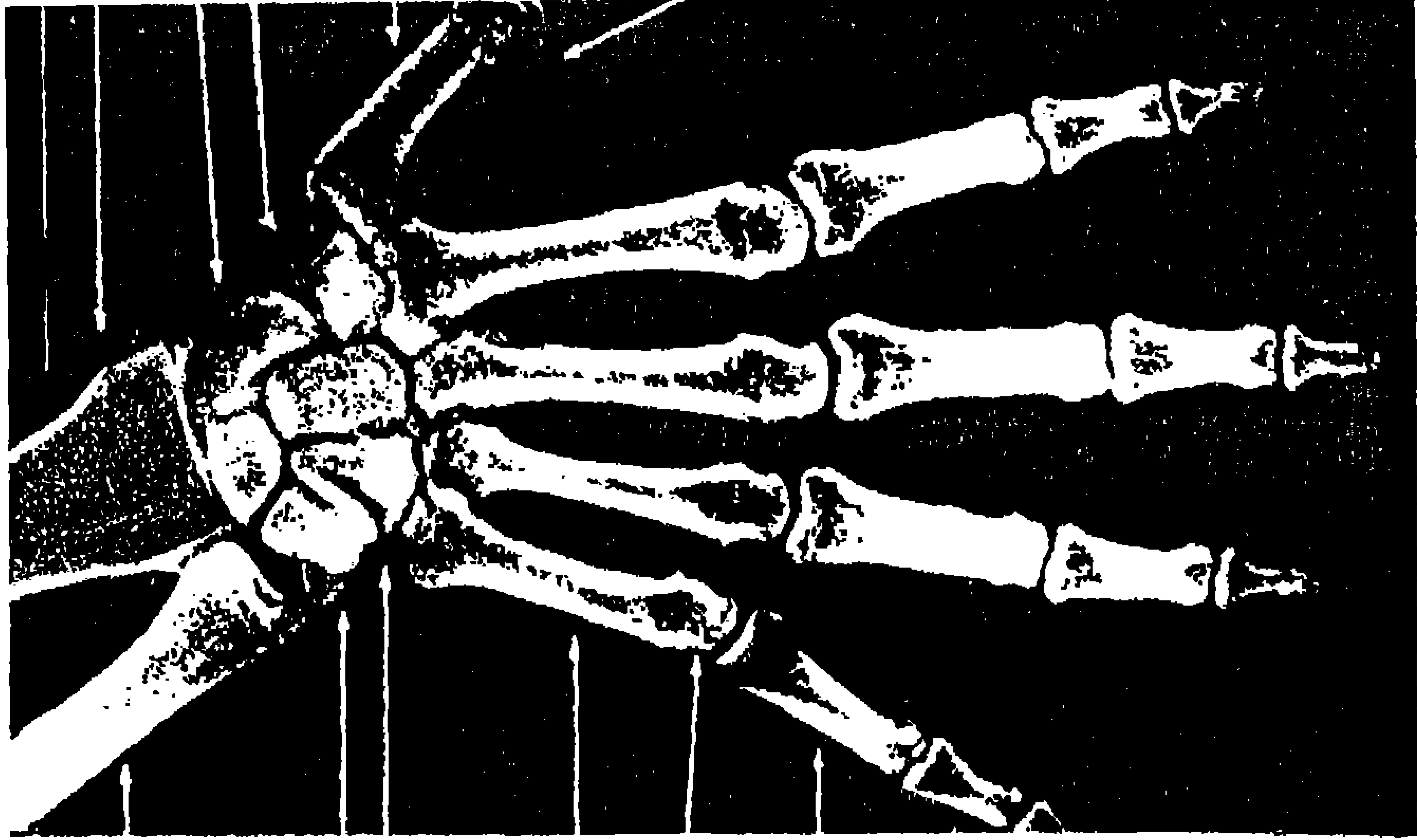
لقد كانت أيديهم سليمة فيستطيعون أن يرسموا أشكالاً ويجرون حسابات طويلة على الورق. وهي حسابات يقوم الشخص فيها بتسجيل نتائج مرحلية، ثم يعود ليستخدم هذه النتائج ويدمجها ليحصل على نتيجة نهائية ، وهي حسابات لا أصدق أن أي شخص يستطيع أن يقوم بها في ذهنه.



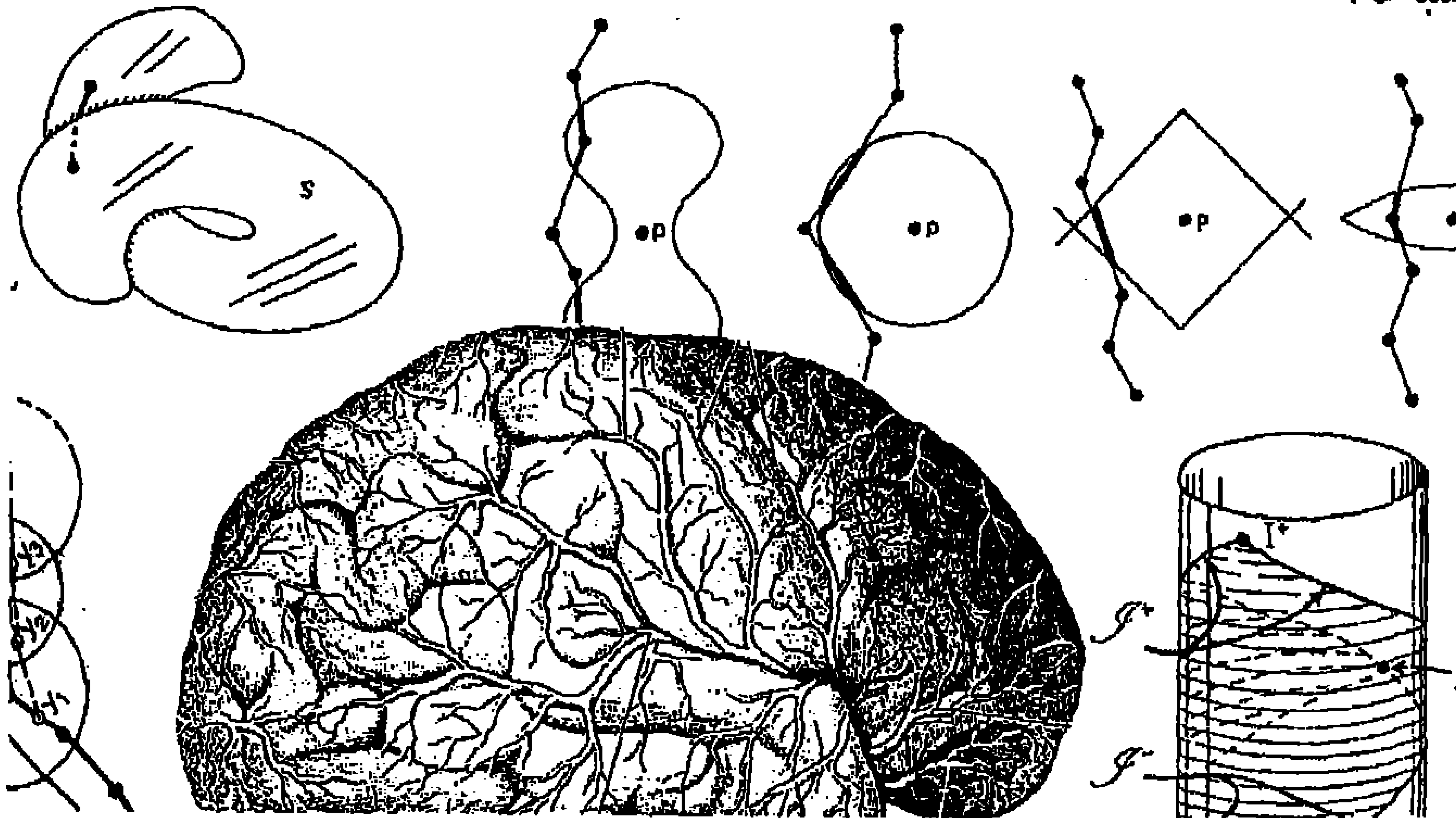








اتضح أن أشكال ومعادلات هوكنج الذهنية أقوى فى بعض أنواع المسائل عن التى تستخدم فيها الورقة والقلم. وأقل فاعلية فى بعض أنواع المسائل الأخرى، تعلم تدريجيًا كيف يقوم بالتركيز في أكبر المشاكل التى يمكن أن تحلها طرقه الجديدة. ومع بداية السبعينيات كانت يدا هوكنج قد شلتا لدرجة أنه لا يستطيع أن يرسم شكلاً ولا حتى يكتب معادلة. وبذلك كان عليه أن يقوم بإكمال بحثه كله فى ذهنه. ولكن لأن فقدان تحكمه فى يديه كان تدريجيًا كانت له الفرصة الكافية لكى يتكيف. ودرب ذهنه بالتدريج على التفكير بأسلوب مختلف عن طريقة تفكير علماء الفيزياء الآخرين. وكان يفكر فى أنواع جديدة من الصور الذهنية الكلاسية والمعادلات الذهنية التى تحل محل الرسم باستخدام الورقة والقلم؛ المعادلات المكتوبة بالنسبة له.



لحظة الإلهام عند هوكنج

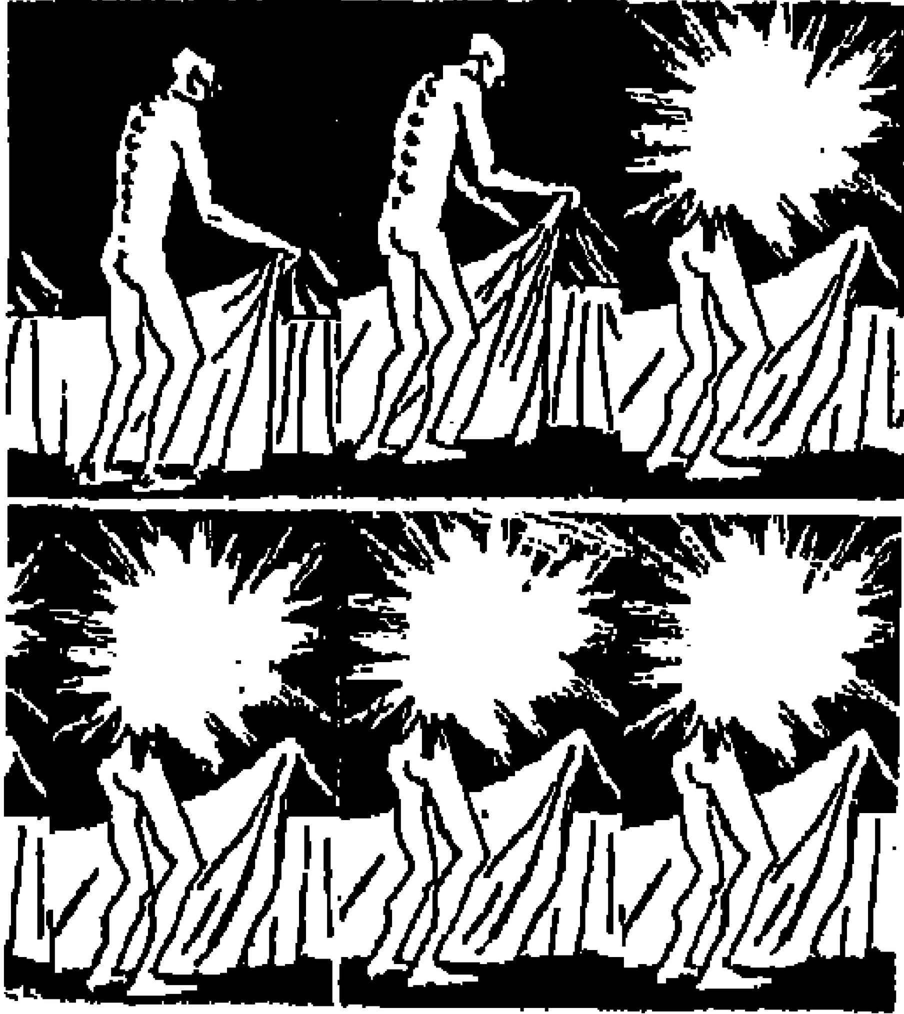
واحدة من المشاكل التى استخدم هوكنج الصور العقلية فى حلها كانت دراسة المساحة السطحية للثقوب السوداء، والتى بدأت كمشكلة مبهمة نوعًا فى ديناميكا الثقوب السوداء أدت فى النهاية إلى أعظم اكتشاف فى الفيزياء. ومثلما الحال فى أسعد فكرة عند أينشتين يستطيع هوكنج أيضًا أن يتذكر بالضبط ماذا كان يفعل عندما تولدت فى ذهنه بذرة أعظم فكرة عنده.

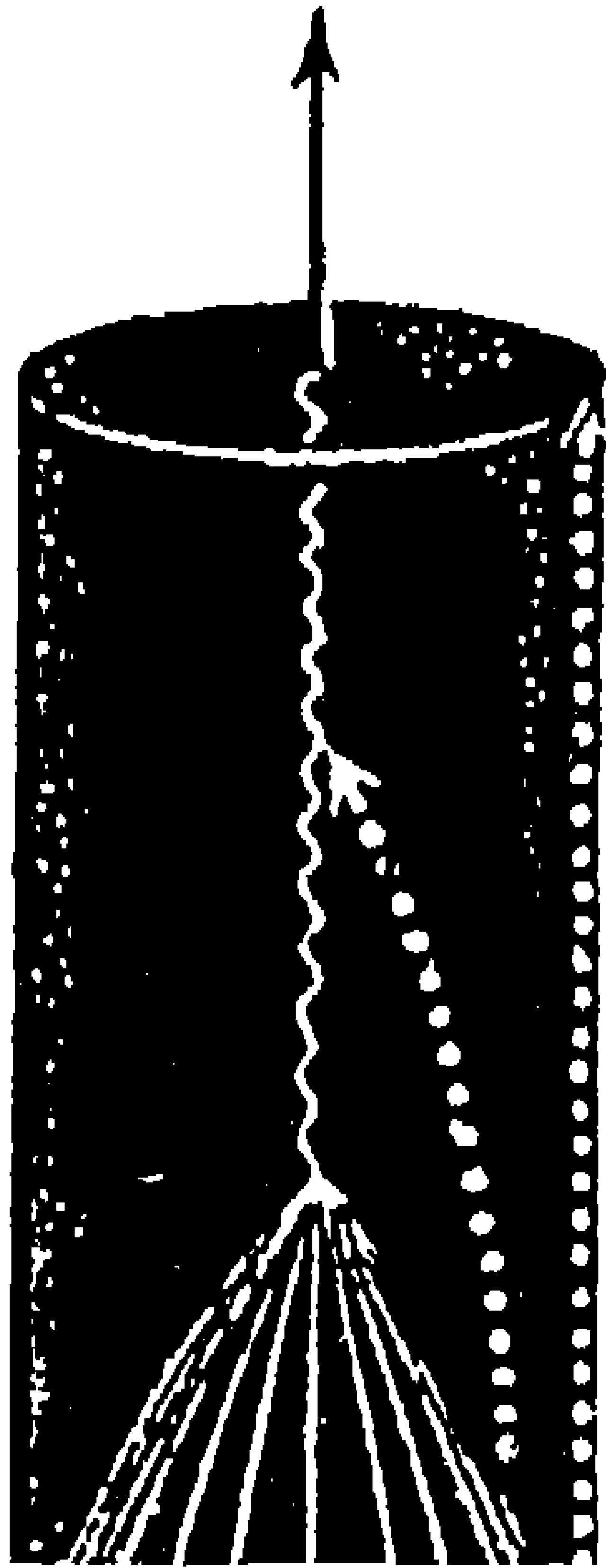


فى إحدى الليالى فى نوفمبر عام ١٩٧٠ بعد مولد ابنتي لوسى بقليل بدأت فى التفكير فى الثقوب السوداء حينما أويت إلى فراشي. وقد أدى عدم قدرتى على التحرك إلى جعل هذا التفكير يسير ببطء لذلك أخذت وقتًا طويلاً.

لقد لمعت فى رأسه فكرة أن مساحة سطح الثقب الأسود لا يمكن أن تتناقص أبدًا، مع الأخذ فى الاعتبار بمسار أشعة الضوء التى تحلق فوق أفق حدث نقطتين أسودين.

ولم يكن يحتاج للورقة والقلم ولا حتى للكمبيوتر، فقد كانت الصور مرسومة فى ذهنه.



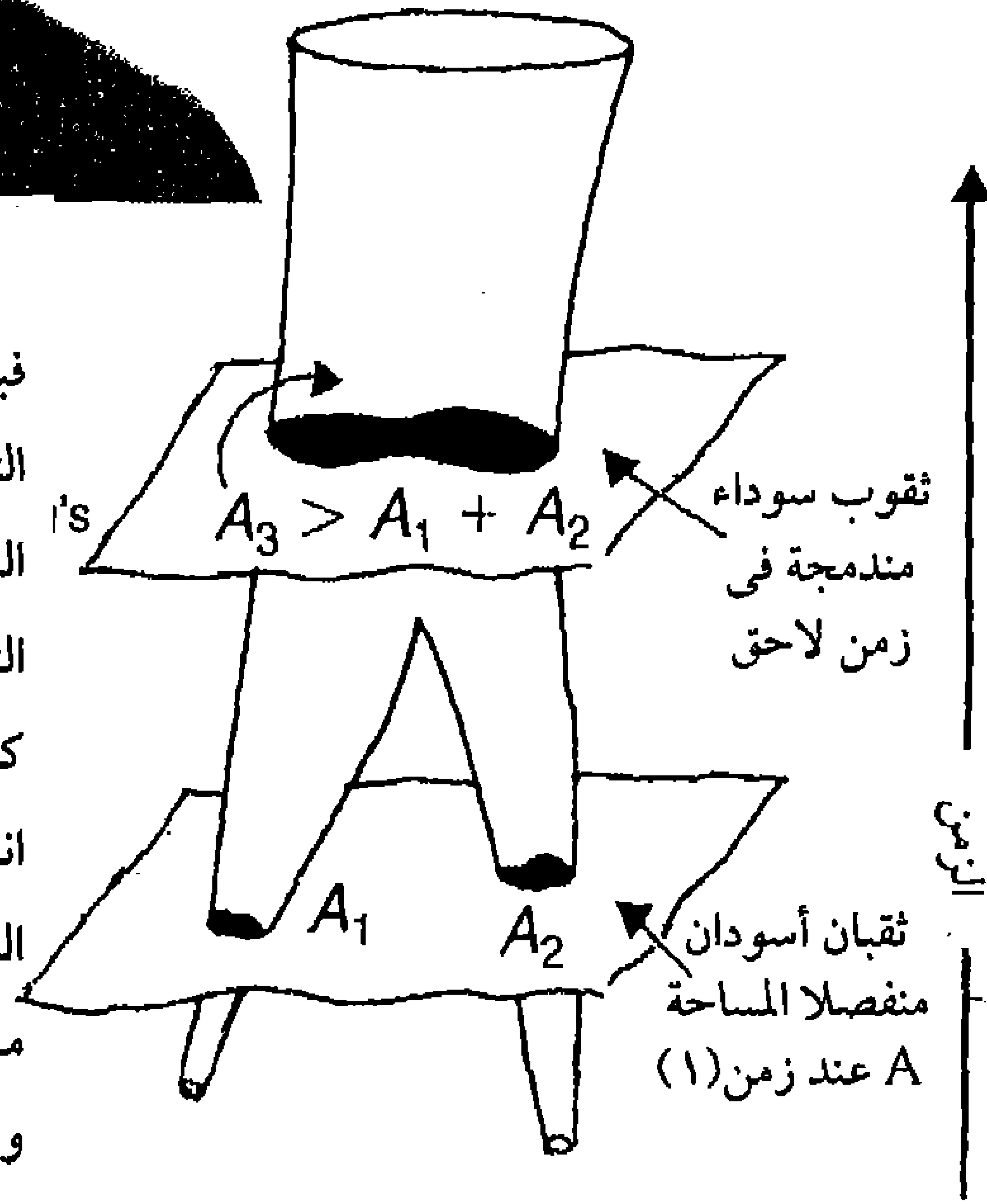






لا يمكن أن تقترب الأشعة الضوئية المكونة لأفق الحدث، أى حد الثقب الأسود، من بعضها البعض.لذلك ربما تظل مساحة أفق الحدث (أى سطح الثقب الأسود) ثابتة أو تزداد مع الزمن ولا يمكن أن تنقص أبداً.

وإلا سيعنى ذلك أن بعض أشعة الضوء عند الحدث ستقترب من بعضها البعض، وذلك مستحيل.



ربما لا تبدو هذه العبارة مدهشة، فبما أن لا يمكن أن يخرج أى شيء من الثقب الأسود ، ويمكن لأى شيء الدخول فيه، كيف يمكن أن يقل حجم الثقب الأسود ؟ ولكن فكرة هوكنج كانت أكثر عمومية من ذلك، حتى لو اندمج ثقبان أسودان تكون مساحة السطح الكلية دائمًا مساوية مجموع مساحتى الثقبين معًا أو أكبر منها. ولايمكن أن تتناقص. وقد نشر نتائجه هذه.

مساحة سطح الثقب الأسود يمكن أن تزداد فقط أو تبقى كما هى أو تزداد، ولكنها لا يمكن أن تقل.

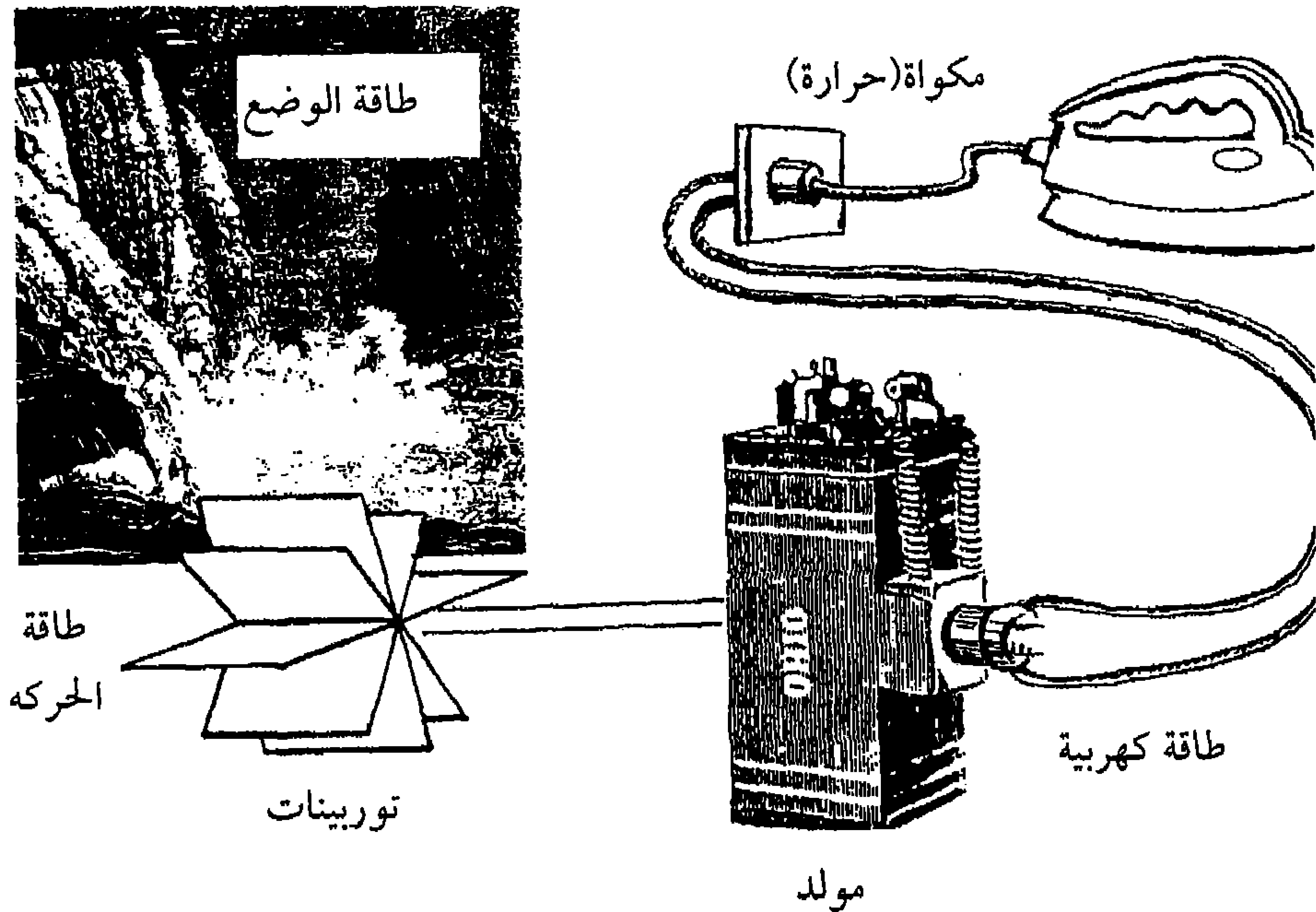
قانون زيادة المساحة لهوكنج.

هذه العبارة ... لا يمكن أن تقل ... جعلت العلماء يفكرون فى الحال فى كمية تسمى الانتروبيا تظهر فى القانون الثانى للديناميكا الحرارية : أنتروبيا (خلل) أى نظام يمكنه أن تظل كما هى أو تزداد ولكنها لاتقل مطلقًا (إذا كان النظام معزولاً وتُرك ليصل إلى الاتزان).

هذا القانون الثانى للديناميكا الحرارية له تاريخ شيق جدًا وبالفعل هو شىء تحتاج لمعرفته

قوانين الديناميكا الحرارية

خلال القرن التاسع عشر تم تطوير مجموعة من العلاقات الرياضية بواسطة علماء الكيمياء والجيولوجيا والفيزياء إدمجت العديد من المفاهيم المتباينة ظاهريًا فى قوانين قوية قليلة . وقد تم توضيح أن كميات مثل الحرارة وطاقة الحركة هى عبارة عن صور مختلفة لنفس الشىء (الطاقة) التى كانت قد استخدمت بالفعل فى وصف التأثيرات الكهربية والكيميائية والمغناطيسية. الطاقة الكلية المتاحة فى الكون (النظام المعزول الذاتى) ثابتة ويمكن أن تتحول من صورة إلى صورة أخرى . وأصبح ذلك معروفا باسم القانون الأول للديناميكا الحرارية



والقانون الثانى للديناميكا الحرارية أكثر براعة ولكنه له نفس العمق. وقد وضح هرمان فون هلمهولتس فى محاضرة ألقاها عام ١٨٥٤ أنه بمرور الوقت ستتحول كل الطاقة فى النهاية إلى حرارة عند درجة حرارة منتظمة، وستتوقف كل العمليات الطبيعية. وهذا هو مبدأ الموت الحرارى للكون المبنى على مبدأ تبديد الطاقة.

وهناك طريقة أخرى للتعبير عن هذا المبدأ اقترحها عالم الفيزياء الألمانى ردولف كلاوسيوس فى عام ١٨٦٥ .



وقد أوضح أن الانتروبيا الكلية لنظام ما تزداد دائمًا كلما انتقلت الحرارة من جسم ساخن إلى آخر بارد. كما تزداد أيضًا عند تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة داخلية (حرارية) كما فى بعض التصادمات وعمليات والاحتكاك.

قدم عالم الفيزياء النمساوى لودفيج بولتسمان تعريفًا أكثر عمومية للأنتروبيا فى عام ١٨٧٨ .



ومن الممكن الآن تعريف مبدأ تبدد الطاقة (أو القانون الثانى للديناميكا الحرارية) ببساطة شديدة: تميل أنتروبيا النظام المعزول دائما إلى الازدياد، ماذا يعنى ذلك ؟ يعنى ذلك أن الحرارة لا تنتقل بنفسها من الجسم البارد إلى الساخن. لم يكن لكرة أن تقفز أعلى من وضعها بأن تحول الحرارة إلى طاقة ميكانيكية، ولا يمكن لبيضة مكسورة أن تعيد نفسها إلى حالتها الأولى إذا حدثت الأحداث العكسية، لن تنتهك أى مبدأ من مبادىء ميكانيكا نيوتن. لكنها ستقلل أنتروبيا نظام ما، ولذلك يمنعها القانون الثانى للديناميكا الحرارية. هذا القانون يحدد مسار الزمن.

ما أهمية القانون الثانى للديناميكا الحرارية ؟ فيجب ألا يقل شيوع هذا القانون بيننا عن أى من مؤلفات وليم شكسبير؛ كما أشار الكاتب س . ب. سنو فى كتابه الشهير «الثقافتان والثورة العلمية».

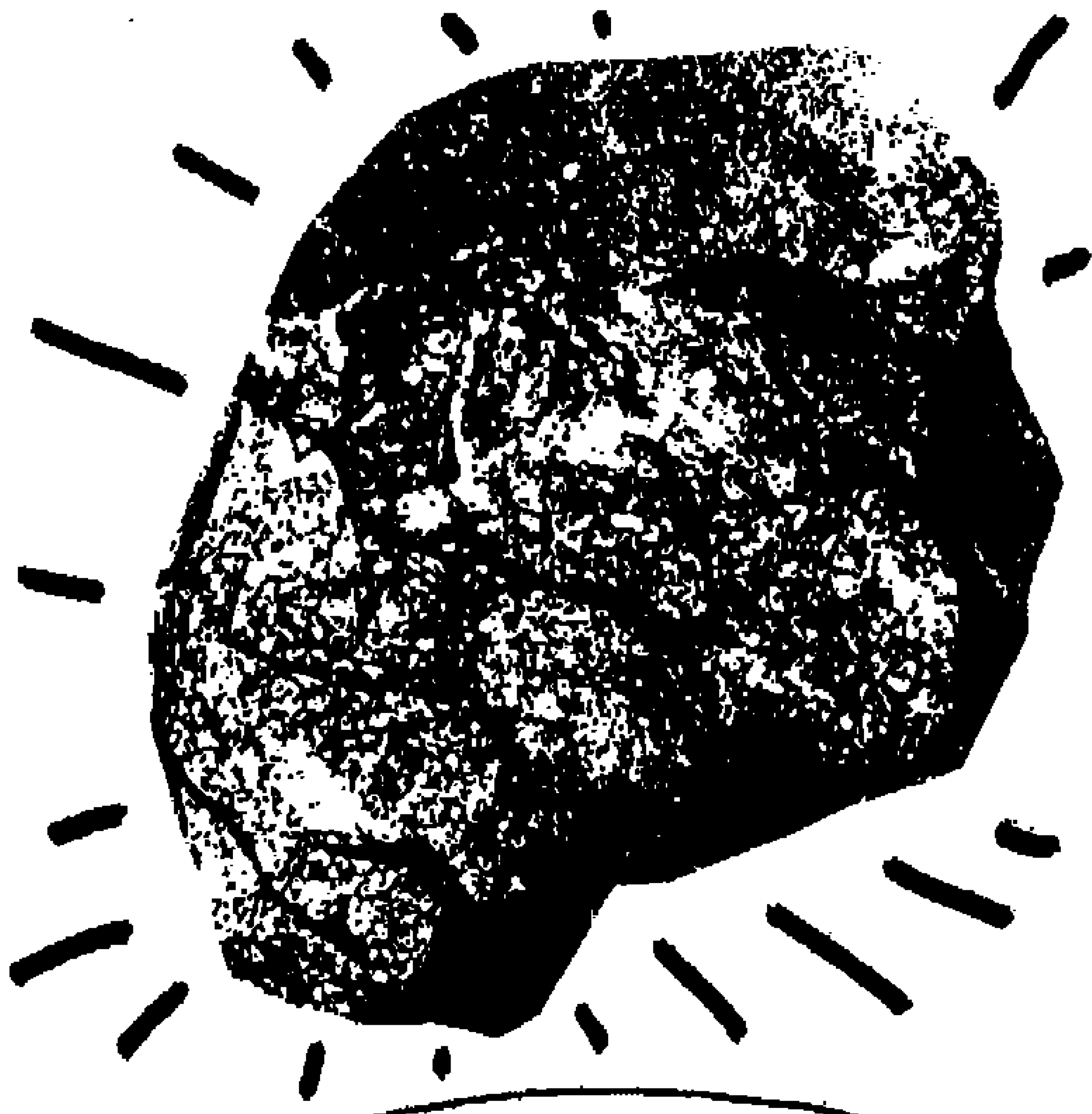


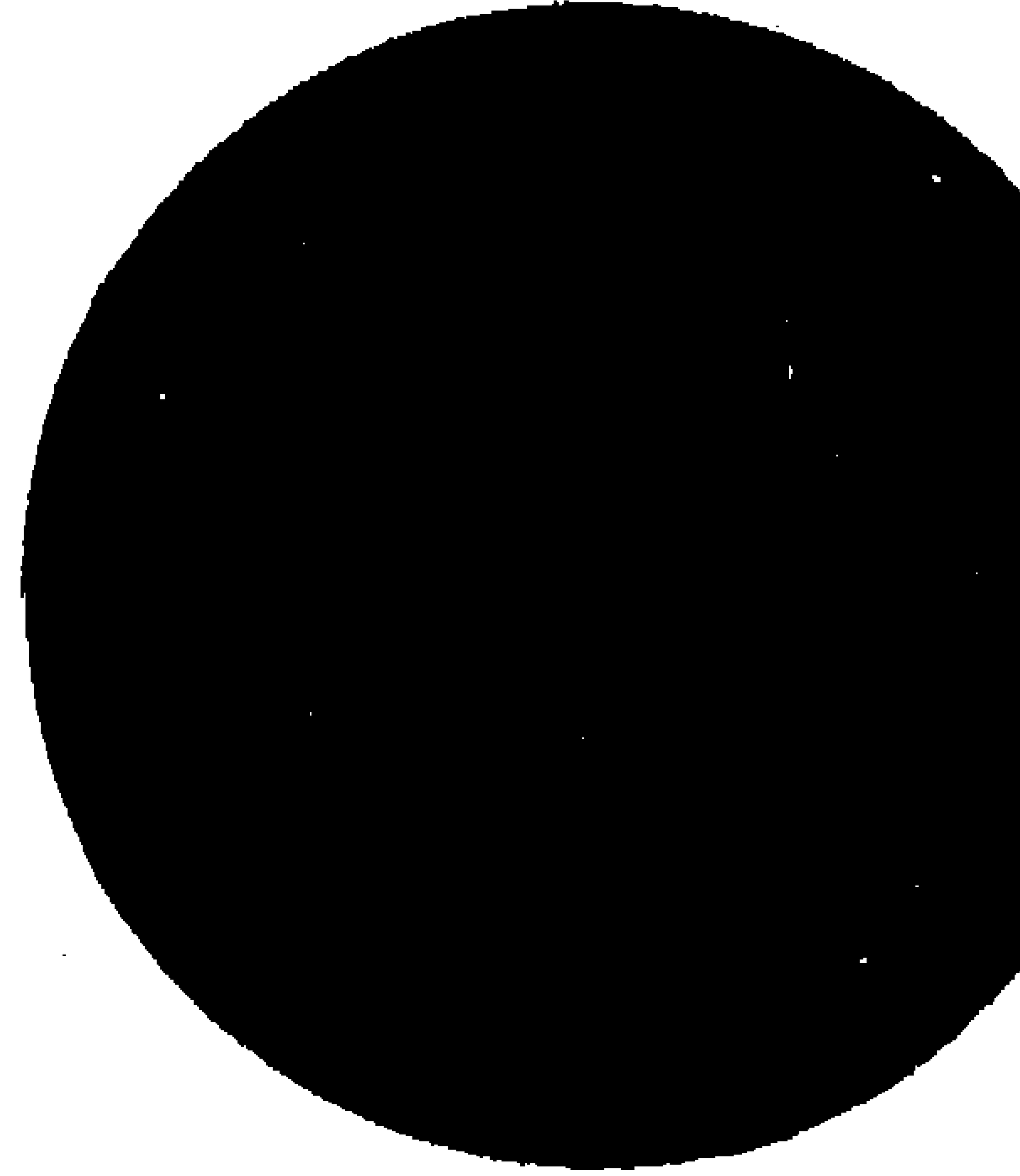


والآن نعود للثقوب السوداء ...

عندما تصل الأجسام إلى اتزان حرارى يكون لها درجة حرارة، وبالتالى يجب أن تبعث إشعاعًا حراريًا، أى تتبادل الطاقة مع المحيط من حولها.

ولكن كل واحد يعرف أن الثقب الأسود لا يشع أى شىء. وهذه هى الخاصية التى تعرف للثقب الأسود. وبالرغم من أن أى شىء يمكن أن يدخل فى الثقب الأسود ولكن لا يمكن أن يخرج أى شىء منه ولا حتى الضوء أو أى إشعاع آخر.







كان هذا إلى أن بدأ أحد طلاب الدراسات العليا يعمل مع جون ويلر ويسبب المشاكل.

المولد الخلافى لفكرة جديدة

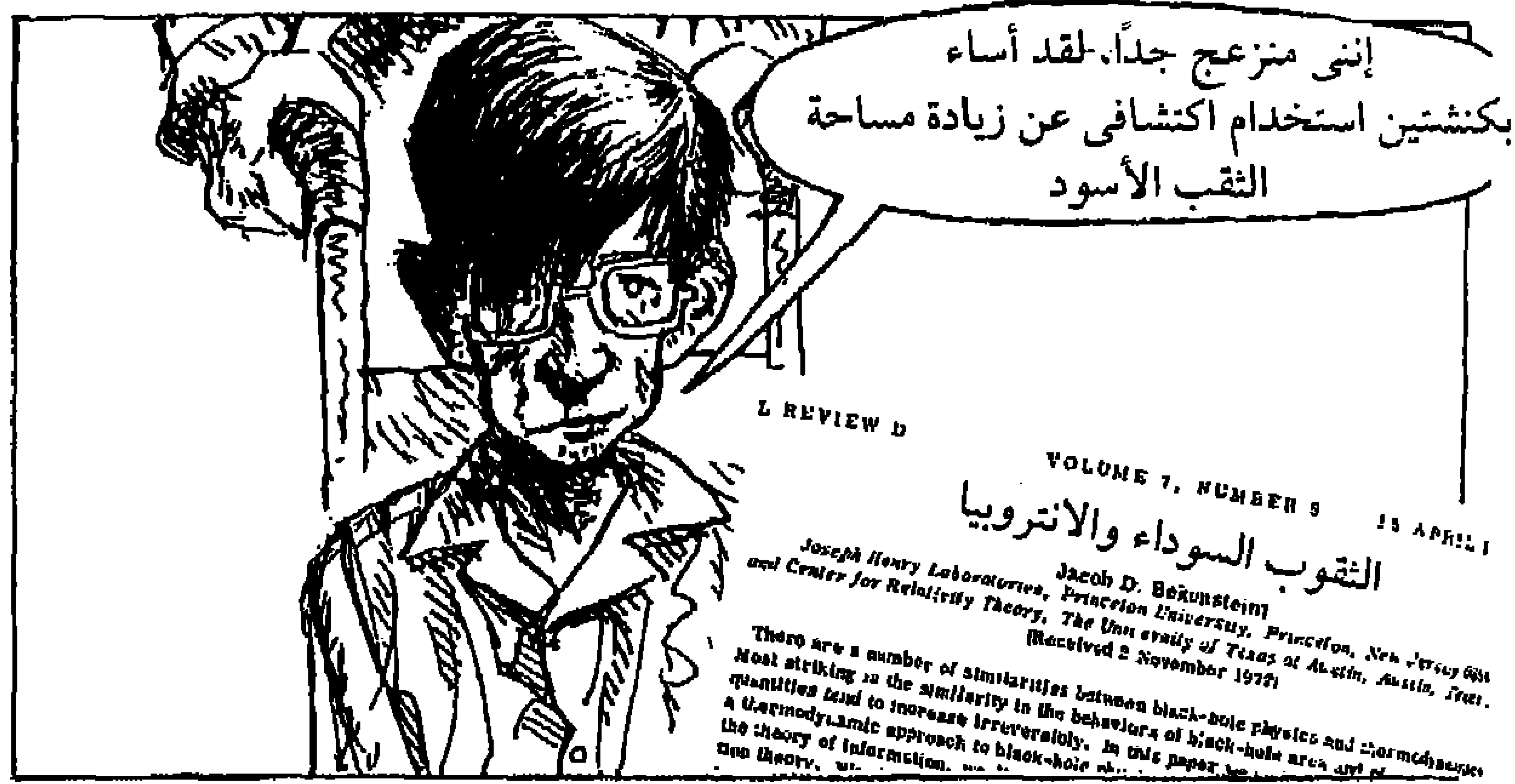
هذا هو الحوار الذى دار بين جون ويلر وطالب الدراسات العليا يعقوب بكنشتين فى برنستون فى نيوجيرسى.







نعود فى غضون ذلك إلى قسـم الرياضيات التطبيقية والفيـزياء النظرية حيث يتحدث هوكنج وبراندون كارتر عن بحث بكنشتين.







أغسطس ١٩٧٢ ،
مدرسة لو هووش الصيفية فى فيزياء الثقوب السوداء

فى سفح تل فى جبال الألب الفرنسية اجتمع هوكنج وجيمس باردين وبراندون كارتر

ووحّدوا قواهم من أجل استنتاج المجموعة الكاملة للقوانين التى تحكم تطور الثقوب السوداء من معادلات النسبية العامة لأينشتين. وعندما انتهوا كانوا قد وضعوا مجموعة من قوانين ميكانيكا الثقوب السوداء التى تتشابه إلى حد مذهل مع قوانين الديناميكا الحرارية.

(مساحة سطح الثقب الأسود) $S = K_1 A$ الأنتروبيا.

الجاذبية السطحية للثقب الأسود) $T = K_2 G$ درجة الحرارة.



وفى غضون ذلك كان يعقوب بكنشتين طالب الدراسات العليا ما زال مقتنعًا بأن الثقوب السوداء لها أنتروبيا.







وبعد هذه المدرسة الصيفية استمر بكنشتين فى تعريف مساحة سطح الثقب الأسود على أنها الأنتروبيا فى المجلات العلمية. ولكنه لم يؤكد أن الثقوب السوداء لها درجة حرارة أو أنها يجب أن تبعث إشعاعًا، لقد كان بكنشتين غير متسق مع قوانين الديناميكا الحرارية.

وعلى الجانب الآخر استمر هوكنج فى مهاجمة استنتاجات بكنشتين ولكنه ازداد حيرة.



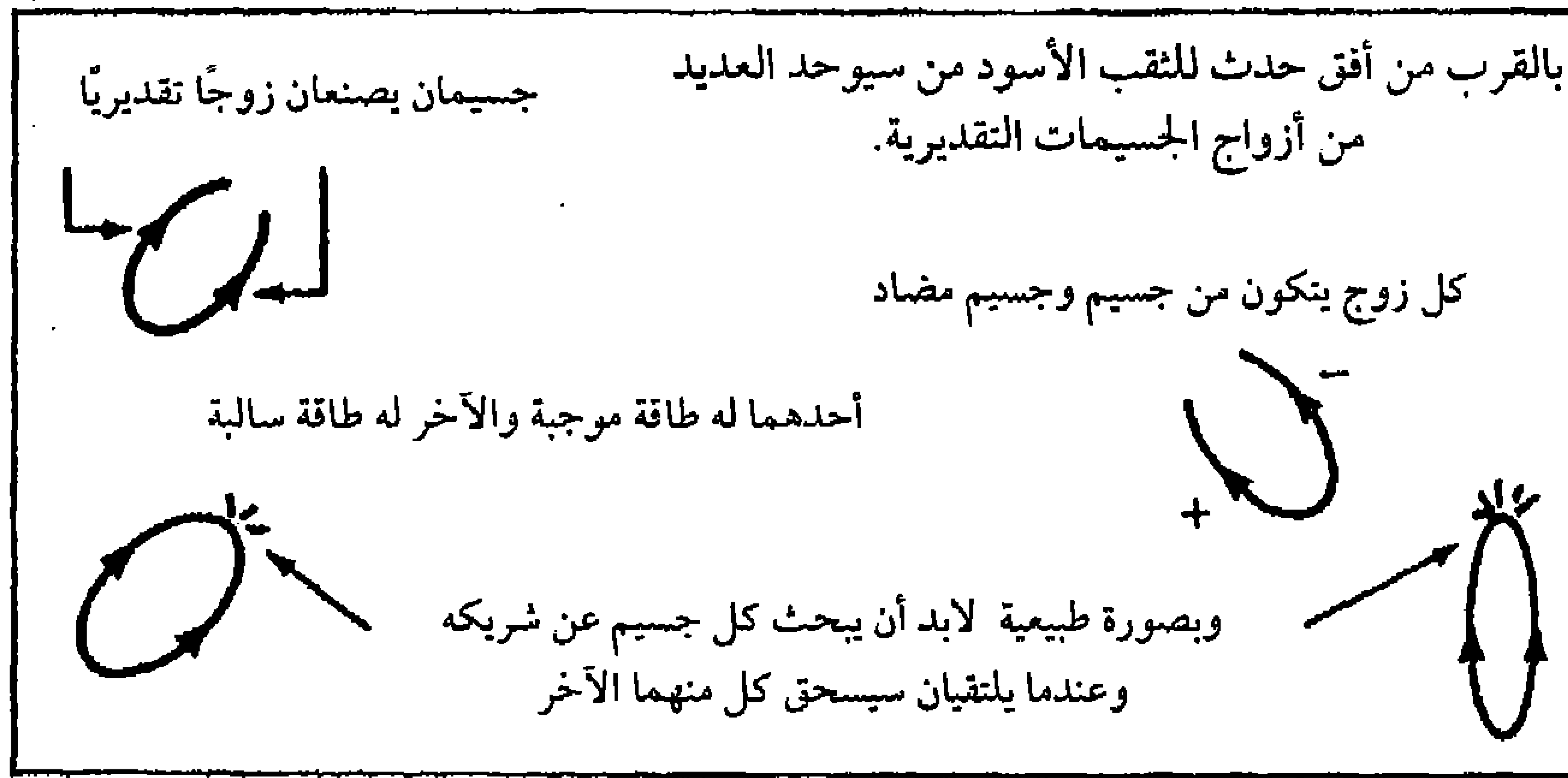
لقد تم إجراء كل الحسابات على الثقوب السوداء باستخدام تقريبات مبنية على نظرية النسبية العامة ، وهى صحيحة بالنسبة للأجسام الكبيرة. هذه التقريبات تجاهلت أى تأثيرات كمية (مبنية على نظرية ميكانيكا الكم) ، والتى بالتأكيد تبدو قليلة الشأن فى حالة الثقوب السوداء.



لقد حان الوقت لشىء نحتاج لمعرفته.

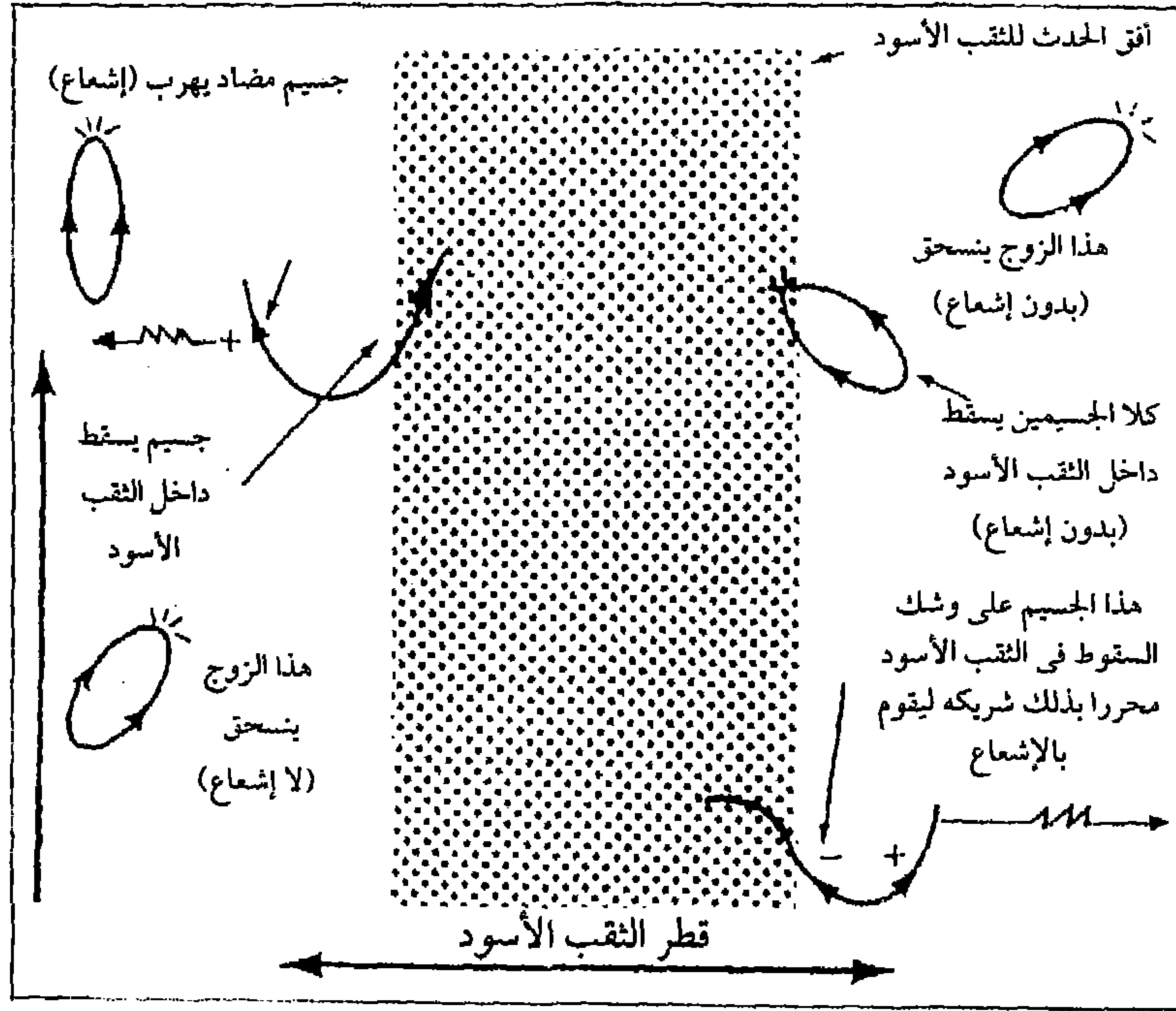
مبدأ اللايقين والجسيمات التقديرية

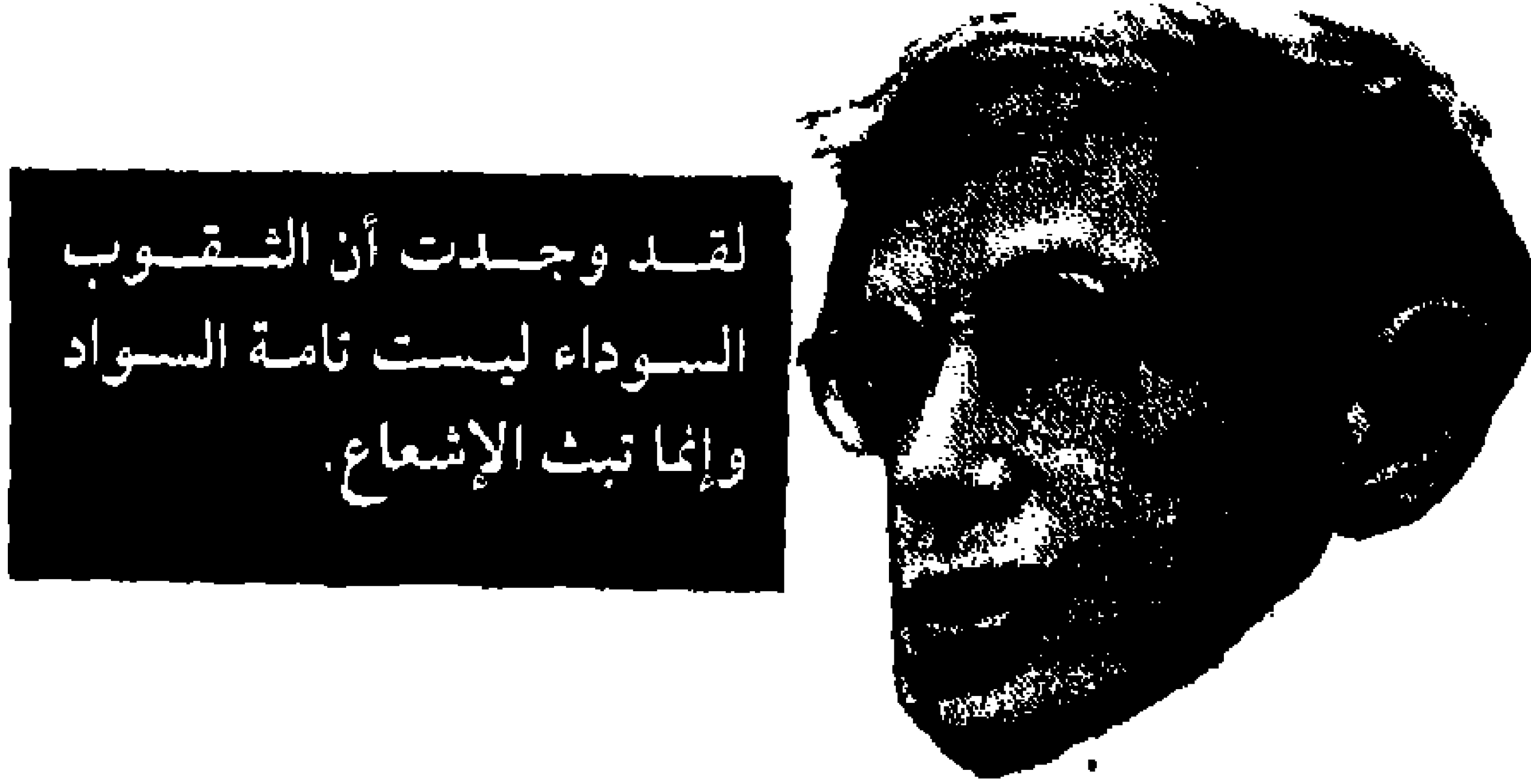
ينص مبدأ اللايقين، كما وضحه فيرنر هايزنبرج فى عام ١٩٢٧ ، على أن هناك حدودًا لإمكانية ملاحظة كميات فيزيائية معينة (مثل الموقع وكمية الحركة والطاقة وحتى الزمن) بدقة. وهذه ليست حدودًا مرتبطة بأدوات القياس، ولكنها صفة متأصلة فى الكون الذى لا يظهر أى كمية بدقة مطلقة. وإذا أخذنا فى اعتبارنا الفراغ فى الفضاء الخارجى، نظن أنه لا يحتوى أى شىء على الإطلاق وبالتالى ليس له طاقة صفرية. ولكننا لا يمكن أن نكون متأكدين من هذه الطاقة الصفرية لنفس السبب، فربما إذا أمعنا البحث نستطيع أن نجد قدرًا من الطاقة، على الأقل لوقت قصير.





وقد أخذ هوكنج فى اعتباره ما يمكن أن يحدث عند سطح الثقب الأسود (أى عند أفق الحدث) حيث يتفاعل مجال الجاذبية القوية مع هذه الأزواج التقديرية. وقد دمج ميكانيكا الكم والنسبية العامة لأول مرة فى حساب واحد. وما وجده كان متميزاً تماماً.





وقد بدا أن الجاذبية الشديدة عند سطح الثقب الأسود قد تجذب أحد جسيمى الزوج التقديرى إلى الثقب (طاقة سالبة)، مما يقلل كتلة الثقب الأسود بينما يهرب الجسيم الآخر (الطاقة الموجبة) فى شكل إشعاع ويمكن أن يكشفه الملاحظ يسقط فى الثقب الأسود.

وأكثر مظاهر هذه النتيجة روعة هو طبيعة الإشعاع فى الثقوب السوداء . فهى لها طيف إشعاع حرارى تام. وهذا يعنى أن هذه الثقوب السوداء تعتبر مثل أى جسم آخر فى الكون. وقد اتضح من ذلك أن الثقب الأسود لم يكن له أنتروبيا فقط، ولكن أيضًا له درجة حرارة ويخضع لقوانين الديناميكا الحرارية الكلاسية التى وضعت فى نهاية القرن التاسع عشر. وقد استخدم الكاتب العلمى دينيس أوفرباى فى كتابه عن علم الكونيات الحديث «القلوب المنعزلة للكون» استعارة رائعة لوصف أحاسيسه تجاه اكتشاف هوكنج.



يبدو الأمر كما لو كان هوكنج رفع غطاء سيارة من نوع فيرارى ووجد محركًا بخاريًا قديمًا يقرقع داخلها

وقد أُسر فريمان دايزون (وهو أحد أفضل علماء الفيزياء الرياضية فى العالم) بالنظرية الجديدة التى وضعها هوكنج وكتب مقالة عنها بعد زيارة هوكنج لمعهد الدراسات المتقدمة فى برنستون.



وقد كره هوكنج أن ينشر أفكاره الجديدة، وعرضها على قلة من الزملاء المقربين عندما كان دنيس سياما يزور كمبردج قادمًا من أكسفورد التى عين فى قسم الفيزياء بها، قابل أحد طلابه السابقين وهو مارتن ريز الذى كان فى ذلك الوقت فى معهد الفلك فى كمبردج.



فبراير ١٩٧٤ ، معمل راذرفورد - أبلتون. أكسفورد

رئيس الجلسة جون تايلور أستاذ الرياضيات المعروف ومؤلف كتاب شهير فى الثقوب السوداء يقدم هوكنج.



بعد ذلك خرج تايلور هائجًا من الجلسة وجلس هوكنج مصدومًا فى سكون. وكان يعرف أن محاضرته ستثير الجدل ولكنه لم يتوقع أبدًا شيئًا مثل هذا.

وبعـد شهر مـن هذه اللقاء قـام هوكنج بنشر بحث عن الإشـعاع الجـديد تحت اسم «انفجارات الثقوب السوداء» في مجلة الطبيعة Nature.

وقد أصبح هذا البحث هو مـوضوع النقاش في كل أقسام الفيـزياء في كل مكان وصاحبه العديد من الشكوك.

وبعد أربعة أشـهر قام تايلور وبول دايفيـد وهو زميل في King colleg، بلنـدن، بنشر رد في نفس المجلة، هل تنفجر الثقوب السوداء فعلاً ؟

Black hole explosions? انفجارات الثقوب السوداء

QUANTUM gravitational effects are usually ignored in calculations of the formation and evolution of black ... The justification for this is that the radius of curvatur... time outside the event horizon is very large c... the Planck length $(G\hbar/c^3)^{1/2} \approx 10^{-33}$ cm, the len... which quantum fluctuations of the metric are ...

$$b_i = \sum_j \{\bar{\alpha}_{ij} a_j - \bar{\beta}_{ij} a \ldots$$

$$p_i = \sum_j \{\alpha_{ij} f_j + \beta_{ij} \ldots$$

$$< 0_- | b_i^+ b_i | 0_- > =$$

The author is very grateful to G. W. Gibb... and help.

S. W. HAWKING
Department of Applied Mathematics and Theore...
and
Institute of Astronomy
University of Cambridge

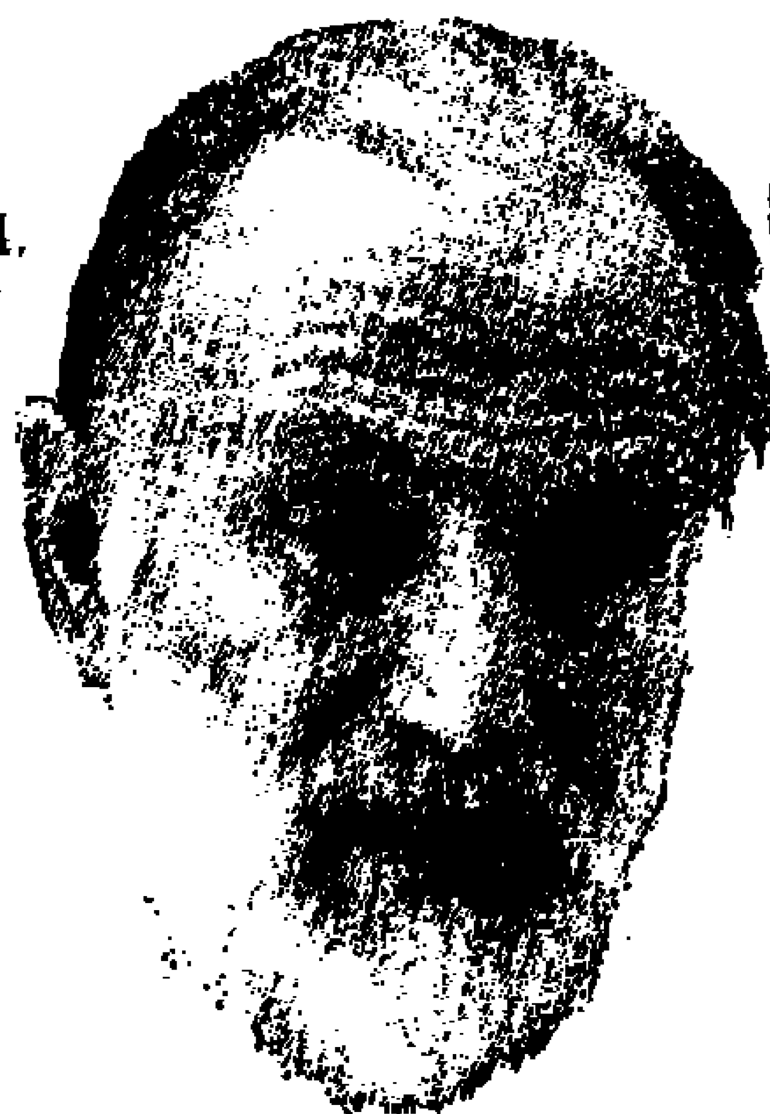
Received January 17, 1974.

هل تنفجر الثقوب السوداء فعلاً؟

THE creation of particles out of ... regions of space-time where the ... Theoretical discussions of this proc... tational difficulties, however, becau... is only well understood in Minkow... some simple cases, for example with... cosmologies, or of black holes of t... type, the existence of a global timeli... very plausible extension of the Mini... particle. A number of exact results m... these results (ref. 1, and C. J. Isham, ...

P. C. W. DAVIES
J. G. TAYLOR
Department of Mathematics,
King's College London, Strand,
London WC2, UK

Received March 5, 1974.



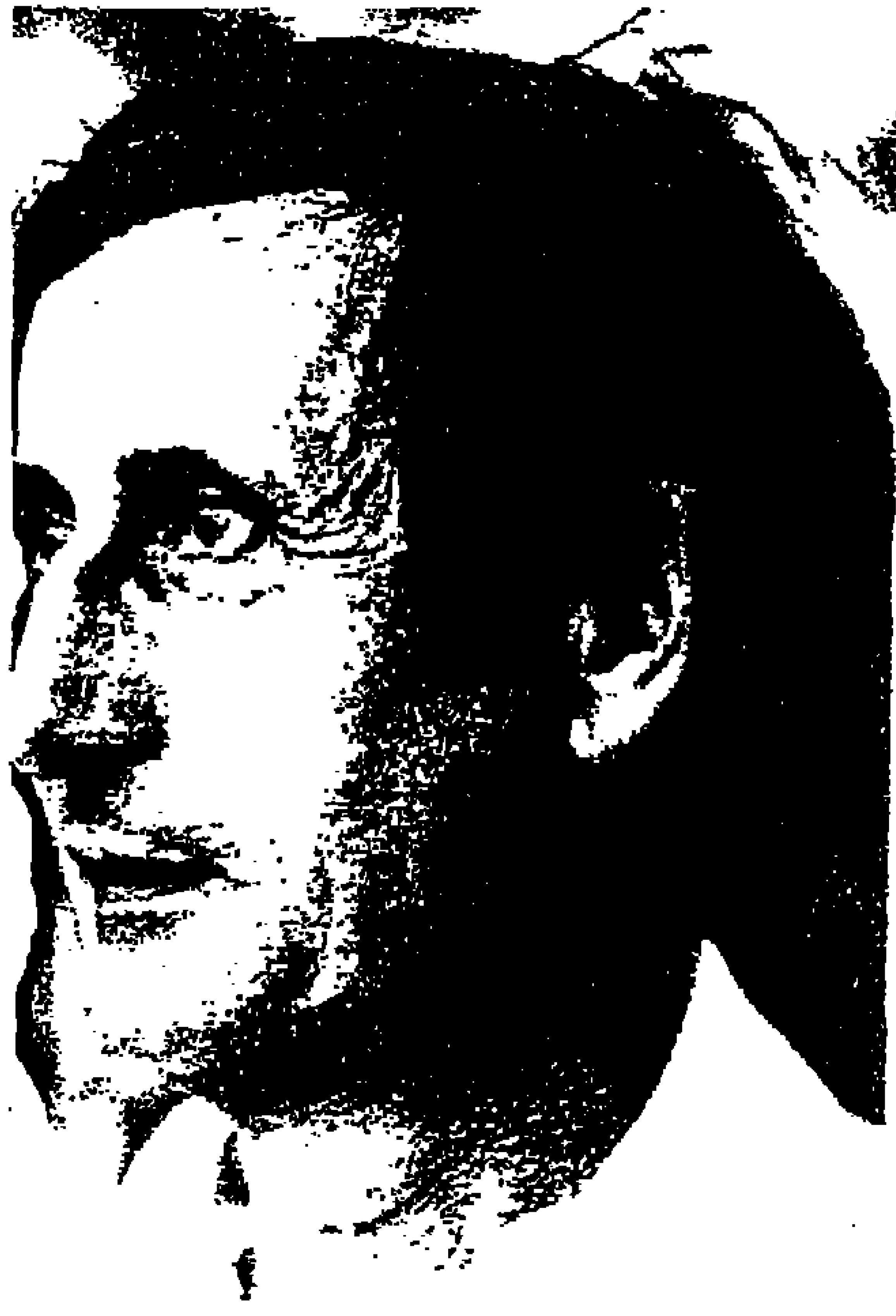


قـام فريمـان دايزون بمقارنة الصـيغ التى وضـعهـا «هوكنج» بنظرية «مـاكس بلانك» العظيمة فى عام ١٩٠٠ التى أدت إلى ظهور نظرية الكم.

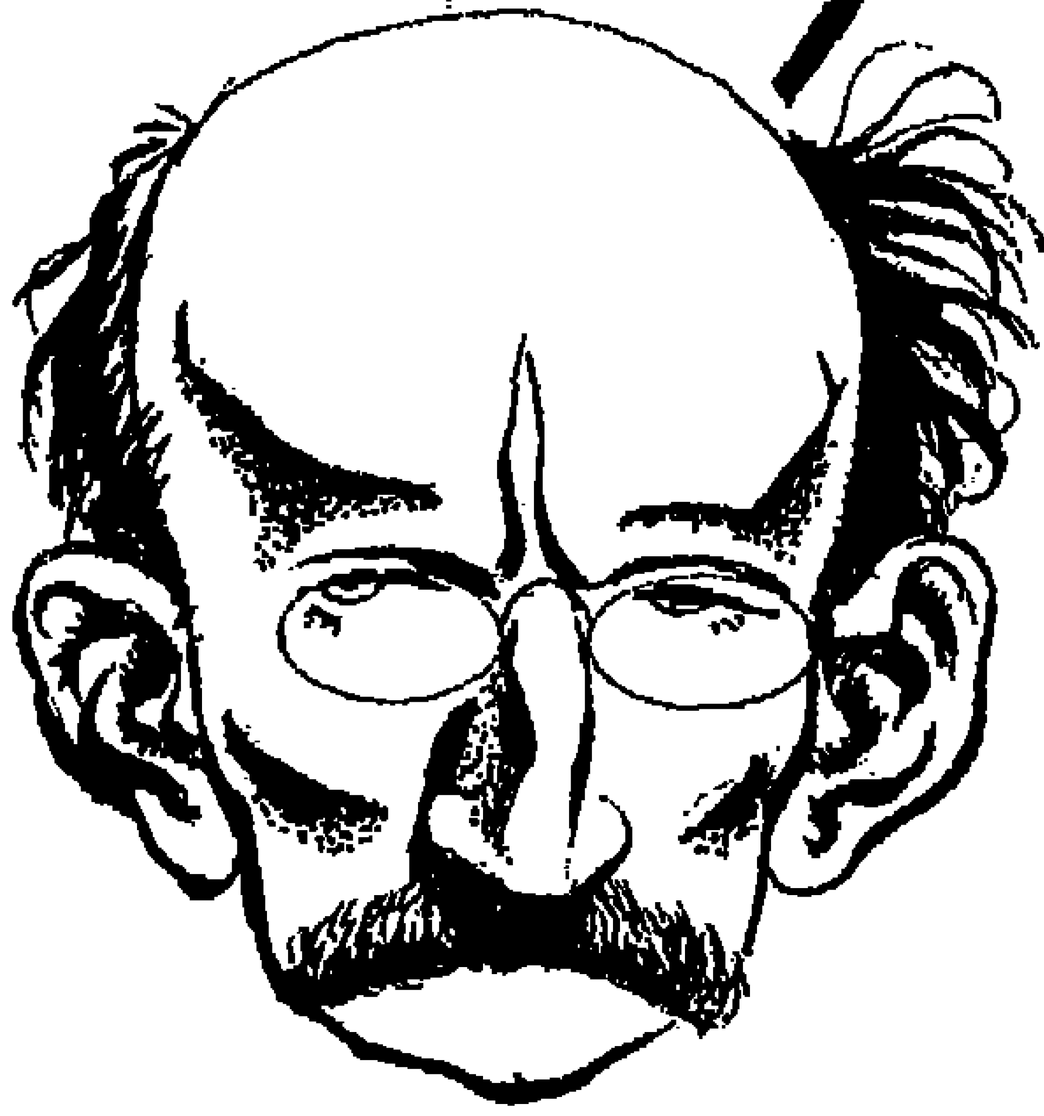
وقد كـتب هوكنج معـادلة تشبه مـعادلة بلانـك وهى S=KA حيـث S هو أنتروبيا الثقـب الأسود وA هى مساحـة سطحه أما K فـهـو ثابت. ولكن مـا مـعنى قـولنا بأن الأنتـروبيـا والمسـاحـة هـمـا نفس الشيء ؟ ونحن بعـيـدون عن فهم هذه المـعادلة تمامًـا كمـا كان بلانك بعيـدًا عن فهم نظرية الكم فى عام ١٩٠٠ .

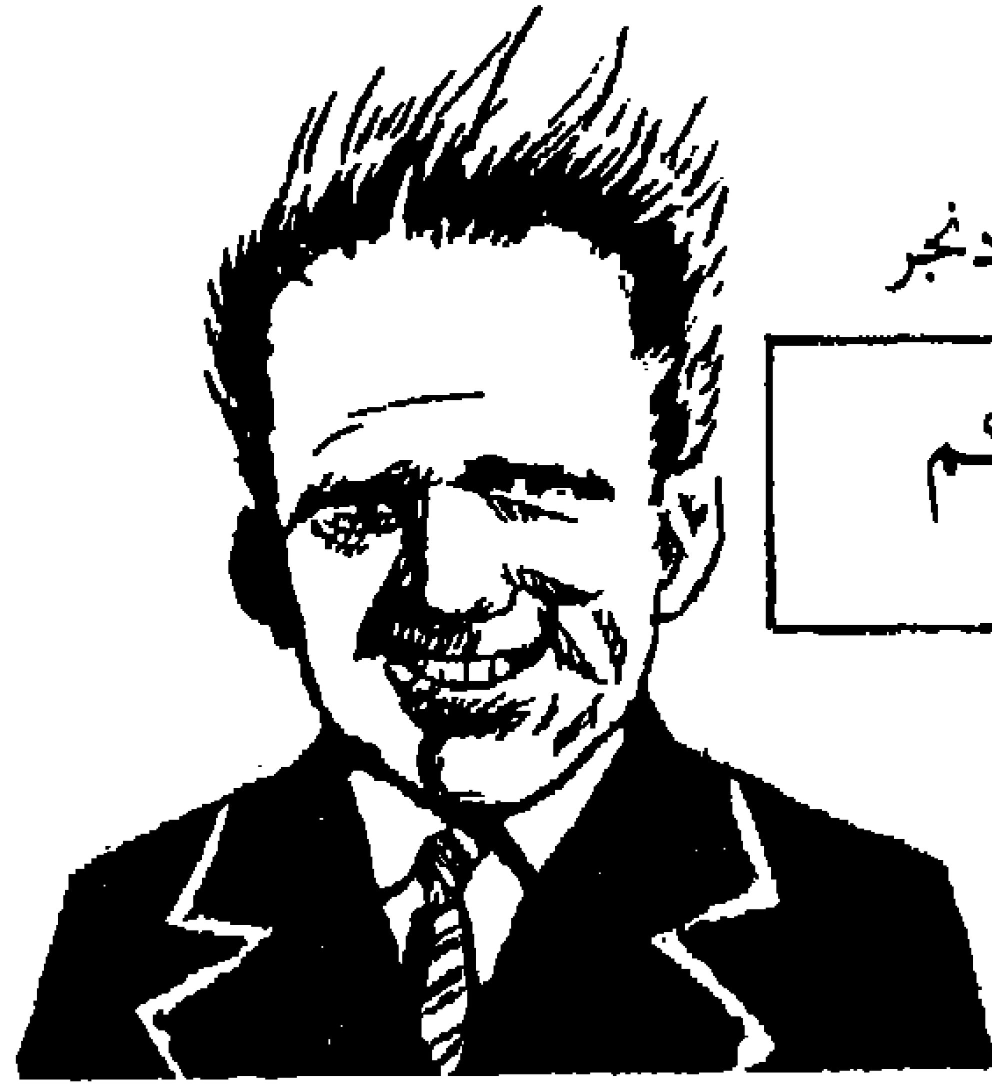
كل مـا نسـتطيع قـوله بالتـأكـيـد هو أن معادلة هوكنج مفتاح لغز الثقوب السوداء. ويمكن أن نـكون مـتـأكـدين من أن هذه المعادلة ستكون المبـدأ الأساسى للنظرية التى لم تتكون بـعـد وسـتـجـمـع بـين الجـاذبيـة وميكانيكا الكم والديناميكا الحرارية .

ربما أفـضل طريقة للنظر إلى اكـتشـاف هوكنج أن تسـتخدم نظيرًا تاريخيًـا. فى عام ١٩٠٠ قـام بلانـك بكتـابة المـعـادلة E=hu حيث E هى طاقة الموجـة الضوئية وu هو ترددها أمـا h فهو ثابت تسـميه الآن ثابت بلانك. هذه المعادلة كانت بداية نظرية الكم ولكنهـا فى عـام ١٩٠٠ لم يكن لهـا مـعنى فيزيـائى ، لقد بدأ يكون لها معنى فـقط بعد خمسة وعـشرين عامًا عندما تم استـخدامها فى النظرية التى نـسميها الآن بنظرية الكم.









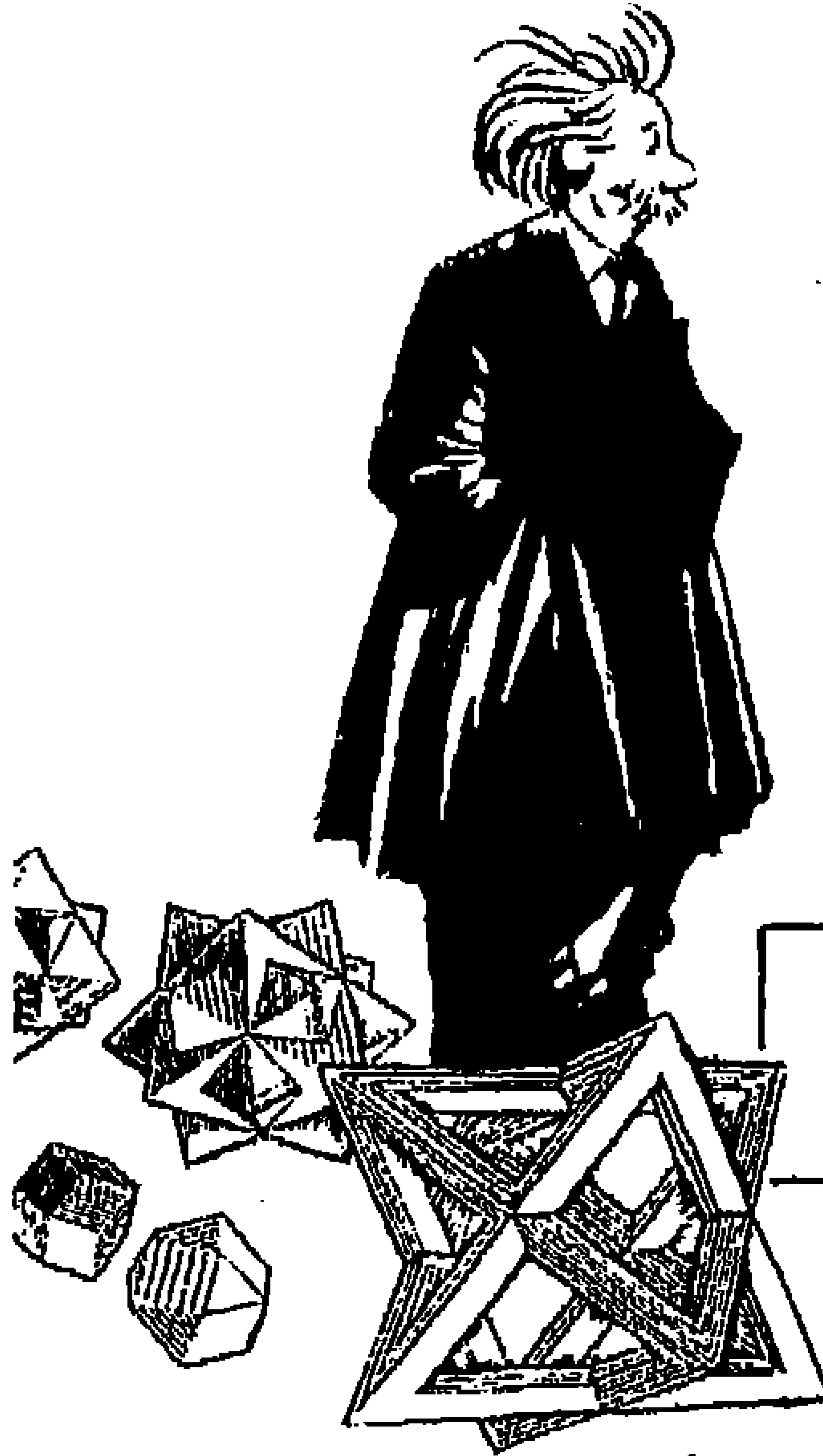
هايزنبرج وشرودنجر

ميكانيكا الكم

١٩٢٧

مبدأ اللايتينى

إشعاع الثقب الأسود



الثقب الأسود

أينشتين وأوبنهايمر

النسبية العامة

١٩١٥

من غير المحتمل أن هناك أيضاحًا أكثر قوة للاتساق الذاتى للفيزياء - خطوة أولى نحو جاذبية الكم. إن دمج ثلاث نظريات متميزة فى الفيزياء هو الذى يجعل إشعاع هوكنج شديد الأهمية.



سلاوزيوى وبولتسمان

الديناميكا الحرارية

القانون الثانى للديناميكا
الحرارية (الأنتروبيا)

(هوكنج
١٩٧٤)



وقد أتى إدراك أهمية أعماله سريعًا. فبعد أسابيع قلائل من نشر بحثه عن إشعاع الثقوب السوداء حصل هوكنج على أعلى شهادة شرفية فى بريطانيا. وفى عمر ٣٢ عامًا أصبح زميل الجمعية الملكية وهو المنصب الذى جعله فخوراً جداً بالفعل.

وبعد ذلك بقليل تمت دعوة هوكنج لقضاء عام بأكمله خارج كمبردج فى كالتش فى بانادينا لدراسة علم الكونيات مع المنظر الأمريكى اللامع كيب ثورن، ومولت منحة دراسة خاصة هذه الدراسة.



تسلمت أثناء إقامتى فى كاليفورنيا خطابًا من الفاتيكان فى روما يخبرنى بأنى تم اختيارى بواسطة أكاديمية العلوم البابوية لمنحى ميدالية البابا بيوس الحادى عشر.

وبطريقة غريبة أحدث هذا التكريم تحولاً فى بحثه من الثقوب السوداء، إلى بداية الكون وكان هذا الأمر بالغ الأهمية بالنسبة للكنيسة الكاثوليكية الرومانية.

هوكنج والفاتيكان ـ جاليليو العصر الحديث

إن الكنيسة الكاثوليكية الرومانية لها اهتمام قوى بالنظريات العلمية عن السماوات. وقد طورت الكنيسة على مر القرون التعاليم العلمية، أرسطو(وهو فيلسوف جيد ولكن فيزيائى فاشل) ، والنظام السماوى لبطليموس. وكلاهما جبل الأرض، والإنسان مركز الكون. ولضمان سيادة تعاليم الكنيسة ، وفى عام ١٦٠٠ تم حرق جيوردانو برونو على الخازوق لأنه كان ينشر مبادئ كوبرنيكوس عن مركزية الشمس والتى تقول بأن الشمس، وليست الأرض ، مركز الكون.



وبعد ثلاثة وثلاثين عامًا تم إجبار جاليلو جاليلى على أن يركع أمام محاكم التفتيش بكل صور العذاب ويتوب عن إيمانه بمبادىء كوبرنيكوس تحت التعذيب الشديد، وبعد ذلك تم تحديد إقامته فى منزله فى أرسترى حتى نهاية عمره.

ومنذ ذلك الحين، تبنى الفاتيكان أبدع العلماء الذين يحـاولون أن يجيبوا عن الأسئلة النهائيـة للكون، ويبدو سعـيداً الآن وهو يتودد لسـتيفن هوكنج، عـالم الفلك الإنجليزى البروتستانتى لماذا؟



لقد سارعت الكنيسة بقبول هذه الفكرة (أى حسب معايير الفاتيكان). وفى ٢٢ نوفمبر ١٩٥١ فى افتتاح لقاء أكاديمية العلوم البابوية، صرح البابا بيوس الحادى عشر، بأن فكرة لامايتر تتوافق مع المفهوم الكاثوليكى للخلق. لذلك كان أى عالم يدعم الانفجار العظيم سيكون بالتأكيد صديقًا لروما.



وقد كان هوكنج متخوفًا ...



ومع نهاية السبعينيات تحقق هوكنج من أن النسبية العامة لايمكن استخدامها فى وقت الانفجار العظيم، وذلك بسبب مبدأ اللامحققية دمج النسبية العامة وميكانيكا الكم. وقد بدأ بالتفكير مثل المهراطقين وكان يستكشف ...

ولكنه عاد إلى روما عام ١٩٨١ إثر دعوة لمؤتمر فى علم الكونيات تحت رعاية الفاتيكان . وفى ذلك الحين كان لديه مجال جديد في البحث، وهو مجال بداية الكون. وكان لورقته البحثية عنوان فنى جداً.

لقد استعدت اهتمامى بأصل ومصير الكون عندما حضرت مؤتمراً عن علم الكونيات فى الفاتيكان عام ١٩٨١ . بعد ذلك حظيت بشرف مقابلة البابا الذى كان نجا لتوه من محاولة لاغتياله.



انغلقا.. فى بحثه اقترح هوكنج أن الفضاء والزمن محدودان فى سواهما ولكنهما منغلقان على نفسيهما بدون حدود أو حواف. وقد عُرِف ذلك بـ «اقتراح اللاحدود». وإذا كانت هذه النظرية صحيحة فلن يكون هناك نقاط تفردية وبذلك تتحقق قوانين الفيزياء فى كل مكان بما فى ذلك بداية الكون.

هوكنج والكون الأول



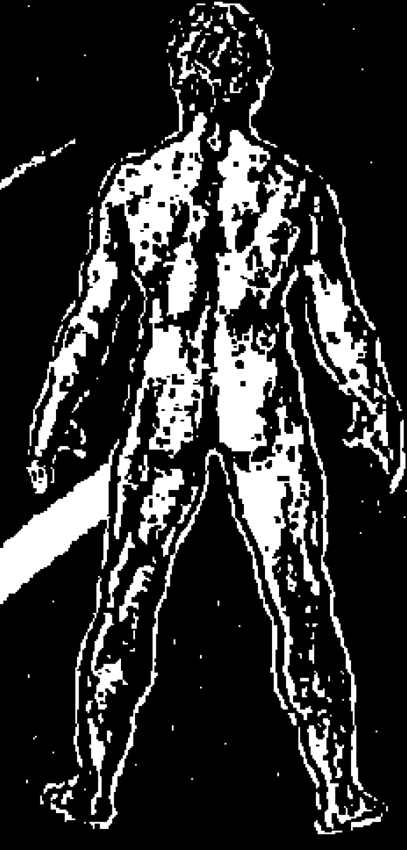
ولقد كنت مسرورًا لأنه لا يعرف أن موضوع بحثى فى المؤتمر يتناول إمكانية أن الزمكان متناهى، وبالتالى ليس له حد، مما يعنى أنه ليس له لحظة بداية، أى لحظة خلق.

ولم يكن واضحًا فى هذه اللحظة أن بحثى يتضمن أفكارًا عن منشأ الكون وذلك لأنه كان مكتوبًا بلغة فنية له عنوان غامض «الشروط الحدية للكون» «شروط الحدود للكون».

وقد بدأ هوكنج العمل بجد فى دراسة الكون الأول، وما زالت هذه النقطة تشغل تفكيره حتى اليوم. وفى بحثه أمام الفاتيكان قدم لأول مرة «اقتراح اللاحدود» ، وهو آخر أفكاره وأكثرها جذرية. وكانت تلك محاولة لتطبيق نظرية الكم على التفرد عند بداية الكون.

لماذا نحتاج نظرية الكم ؟

فى نموذج الانفجار العظيم للكون، تضع نظرية النسبية العامة برنامجًا موثوقًا به لوصف تطور الكون من لحظات بعد الزمن = صفر إلى الوقت الحاضر . ولكن بفضل هوكنج تعرف الآن أنه في البداية تتنبأ النسبية العامة بالتفرد وتنهار النظرية. إنها نظرية كلاسيكية ولايمكننا أن نصف الزمان والمكان من خلال معادلات أينشتين. عندما تنسحق المادة عند هذه الكثافات اللامعقولة. كيف يمكن للفيزياء أن تتنبأ ببداية الكون مع العلم بأن كل القوانين تنهار عند الانفجار العظيم؟ لابد من استخدام نظرية الكم.

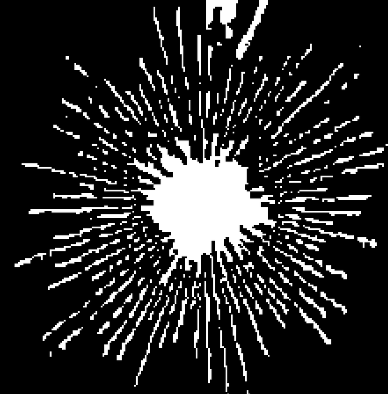


العصر الحالى
تطور حياة الإنسان

١٠ بلايين سنة بعد الانفجار العظيم ، تكون النظام الشمسى

٥ بلايين سنة بعد الانفجار العظيم ، تطور مجرة درب التبانة

٣٠٠٠٠٠ سنة بعد الانفجار العظيم، انفصلت المادة والإشعاع، ظهر إشعاع الخلفية الكونية.



بدأ تمدد الانفجار العظيم للكون منذ ١٥ بليون سنة

5 10 15
بلايين السنين بعد الانفجار العظيم

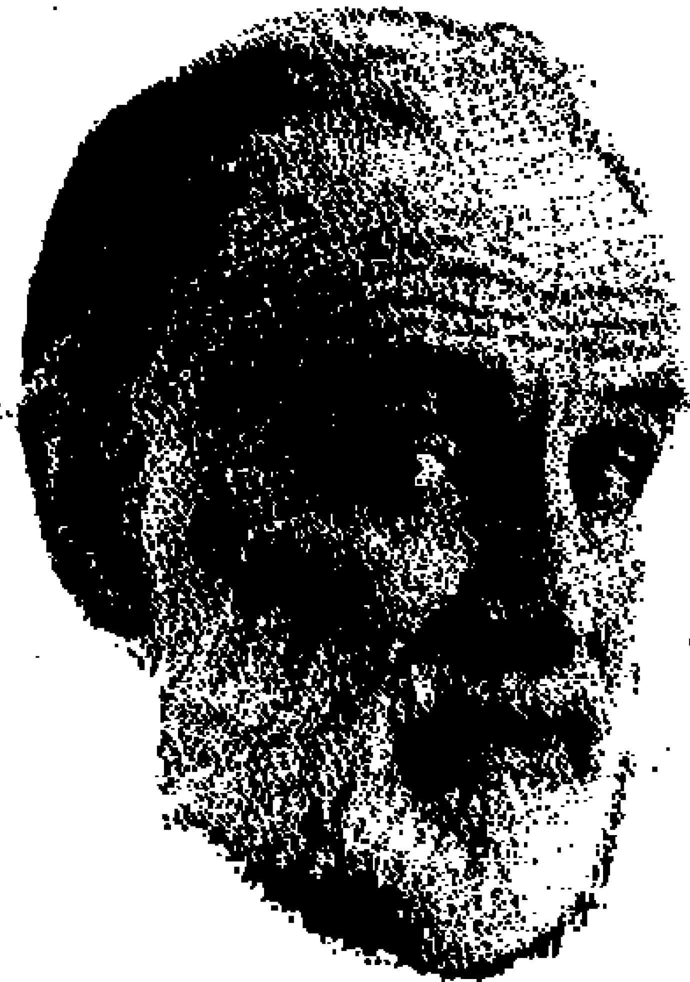
علم الكونيات الكمى

بادئًا بهذا السؤال قام هوكنج ومعاونه جيم هارتل (جامعة كاليفورنيا) باستخدام اقتراح اللاحدود لتطوير فكرة جديدة فى علم الكونيات الكمى.

وعلى عكس المناهج السابقة قام هوكنج وهارتل باستخدام الزمن التخيلى لدراسة التفرد عند الانفجار العظيم.



وكان التفكير على النحو التالى، عند مولده، كان الكون فى الحالة كمية . لذلك قام (هوكنج وهارتلى) بمعالجة الكون على أنه نظام كمى وحيد وحاولا تحديد دالته الموجية. وبطريقة أخرى، لقد قاما بتطبيق مبادىء ميكانيكا الكم العبارية على الكون ككل «قبل» بدء الانفجار العظيم.



الجاذبية الكمية أو (ن ك ش)

عنوان البحث «الجاذبية الكمية » أو «ن ك ش» (نظرية كل شيء) ، وهو مصطلح يضايق معظم الفيزيائيين ،وقد أنتجت المحاولات التى قام بها علماء النسبية وعلماء الفيزياء المختصون بدراسة الجسيمات نتائج قليلة حتى الآن.



وكالعادة سلك هوكنج مسلكًا مختلفًا فى هذه المشكلة. لم يستخدم الجاذبية الكمية ، بل علم الكونيات الكمى هو الذى يضع الدالة الموجية للكون، وهذا مبنىٌ على «اقتراح اللاحدود» عنده

لقد أزعجنى بشدة دائماً أنه إذا انهارت قوانين الفيزياء عند بداية الكون، فمن الممكن أن تنهار أيضًا فى أى مكان آخر لهذا السبب قمنا بتقديم اقتراح اللاحدود الذى يزيل التفرد الموجود عند بداية الكون.

ولكن المشكلة بالنسبة لعلم الكون هى أنه لايمكن أن يتنبأ بأى شىء عن بداية الكون دون فروض عن الشروط الأولية، كل ما نستطيع قوله هو أن الأشياء بالصورة التى عليها الآن لأنها كانت على صورة ما فى أول مرحلة

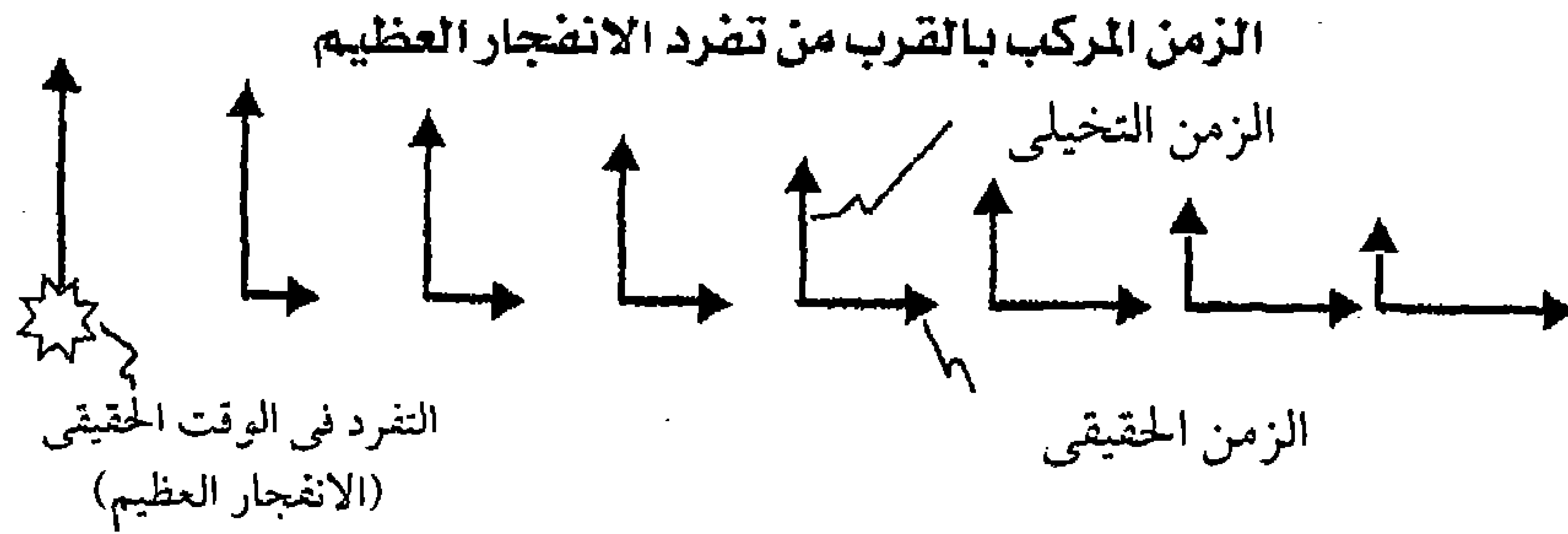
يعتقد العديد من الناس أن هذا هو ما يجب أن يكون. ويجب على العلم أن يدرس القوانين التى تحكم كيف تطور الكون . فهم يشعرون أن السؤال عن الشروط الأولية للكون التى تحدد كيفية بدايته هو سؤال لعلماء الميتافيزيقا أو علماء الدين وليس للعلماء



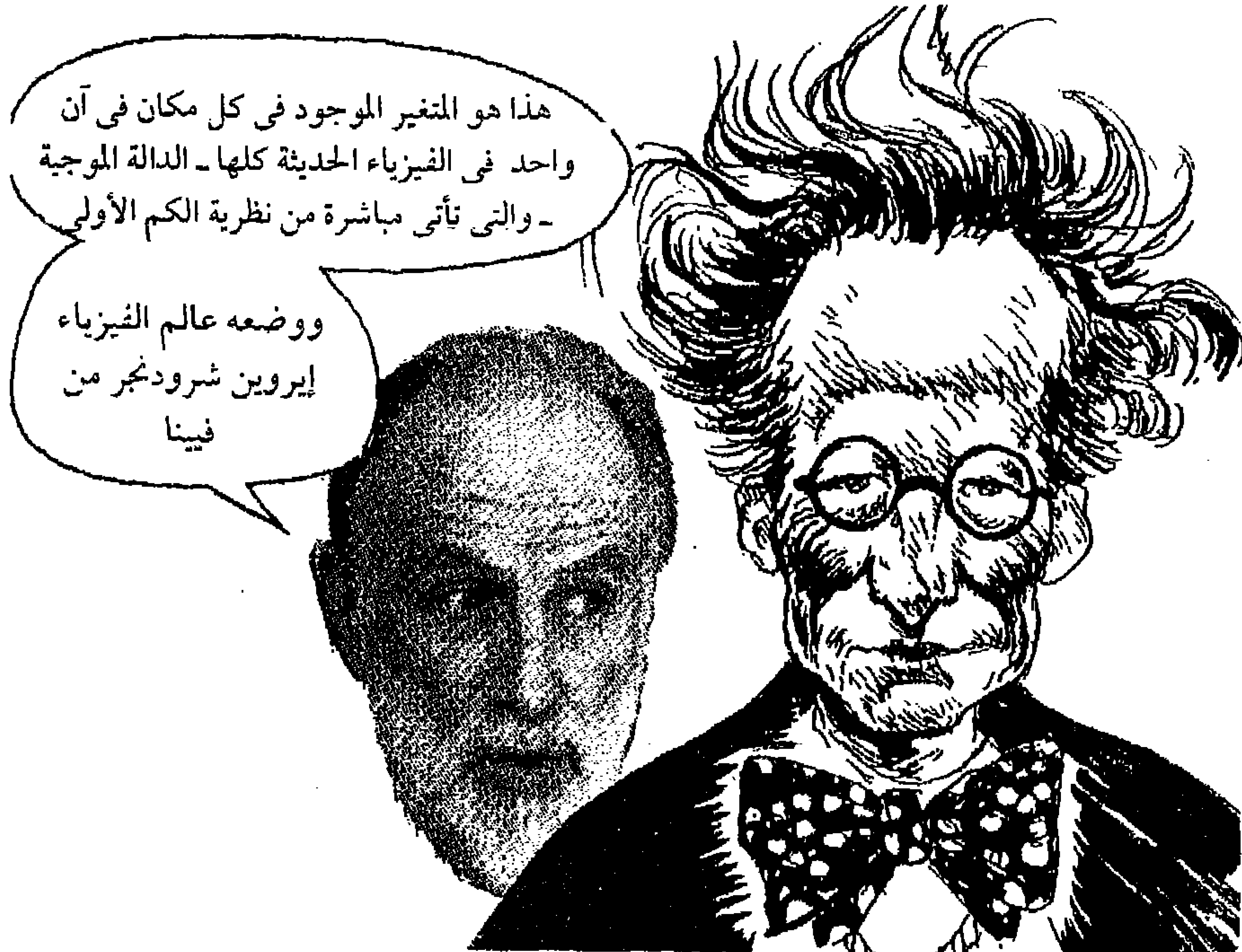
علم الكونيات الكمي والزمن المركب

والآن ما الجديد في علم الكونيات الكمي ؟ لقد استخدم (هوكنج وهارتل) الخدعة الرياضية المسماة بالزمن المركب ليختبروا كل الأكوان الممكنة التي ربما تكون تكونت منذ الحالة الكمية الأولى. ينقسم الزمن إلى مكونين منفصلين أحدهما تخيلي والآخر حقيقي. وعلى عكس الزمن الحقيقي لا يتلاشى الزمن التخيلي عند الانفجار العظيم وبذلك تكون مفيدة عند التفرد .وتم استخدام إجراءات ميكانيكا الكم القياسية للوصول إلى دالة الموجية للكون

الزمن المركب بالقرب من تفرد الانفجار العظيم

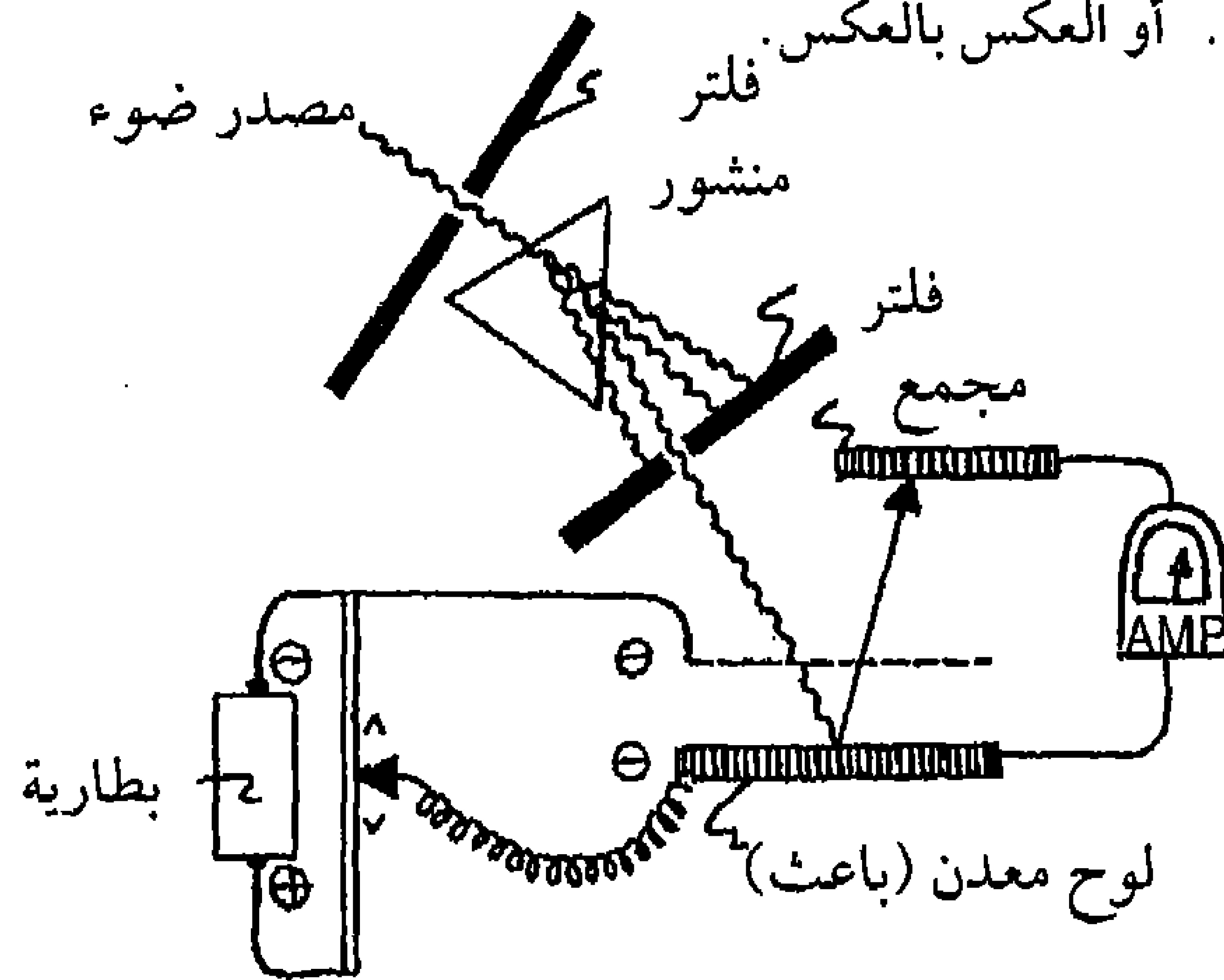


ولكن ما الإجراءات القياسية لميكانيكا الكم ؟ وما هي الدالة الموجية ؟



الموجات والجسيمات :
سخرية الطبيعة من علماء الفيزياء

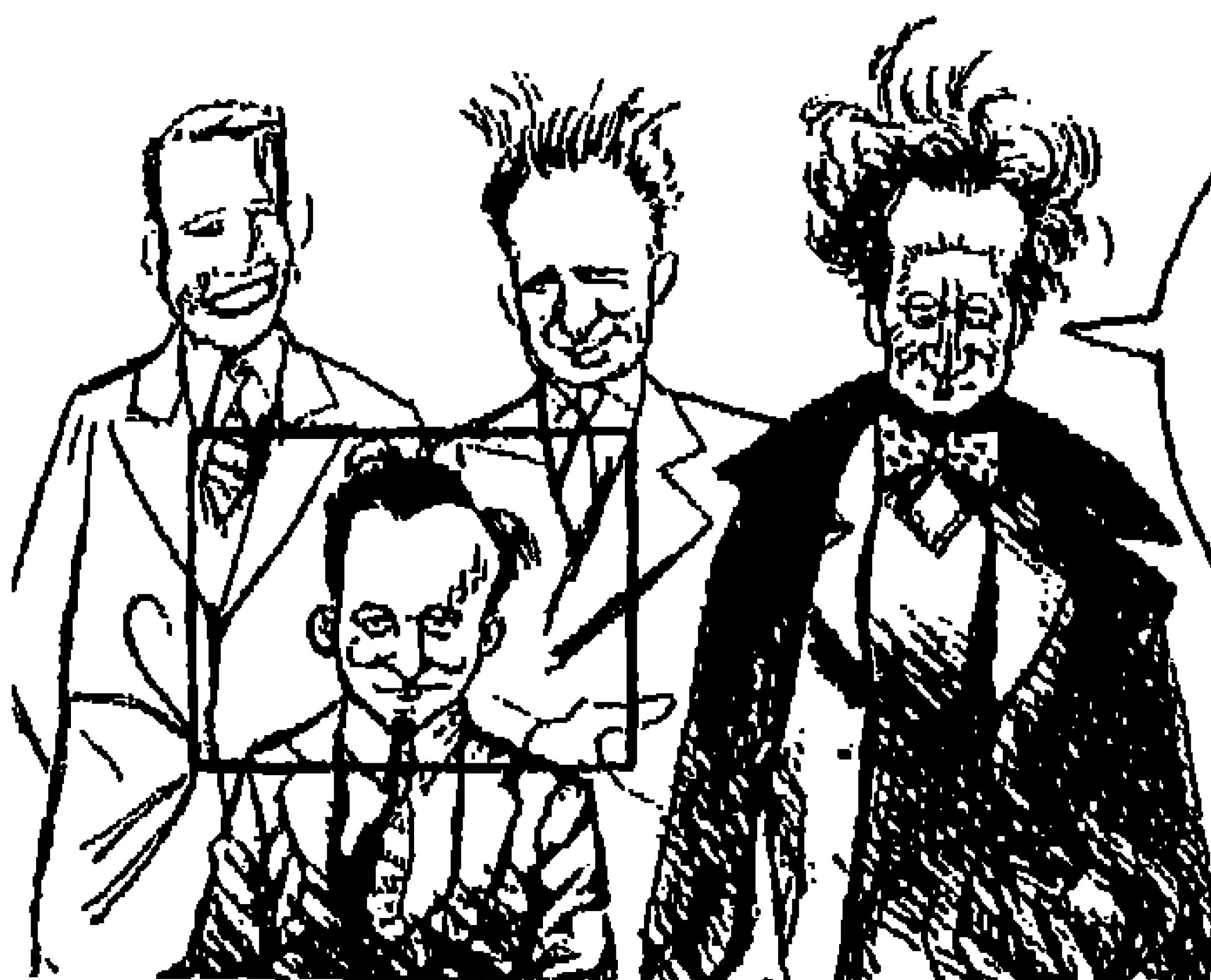
لقد وضحت التجارب العلمية وجود ازدواجية الجسيم/ الموجة فى الطبيعة. على سبيل المثال : ينتج الشعاع الضوئى آثار تداخل (يتصرف كموجة) ولكنها فى نفس الوقت تحرر الالكترونات من أسطح المعادن (يتصرف كجسيم). وبالمثل تتصرف الالكترونات بنفس تصرف الجسيمات، ومع ذلك ينتج شعاع الالكترونات هدب الحيود (مثل الموجات) عندما يمر من خلال محزوز مثل المشط. وهذه الازدواجية حقيقة أساسية فى العلم الفيزيائى، ويجب أن نتعايش معها. وهى نتيجة مباشرة لمبدأ اللاتحقق ... أو العكس بالعكس.



تتصرف موجات الضوء مثل الجسيمات (فوتونات).

وفى العشرينيات من القرن العشرين طورأول أبطال ميكانيكا الكم هايزنبرج وشرودنجر وبور وبورن لغة رياضية لوصف كلتا الخاصيتين الموجات والجسيمات فى نفس الوقت.

وأروع هذه الصيغ معادلة وضعها شرودنجر يحدد حلها (الدالة الموجية) سلوك نظام الجسيمات.



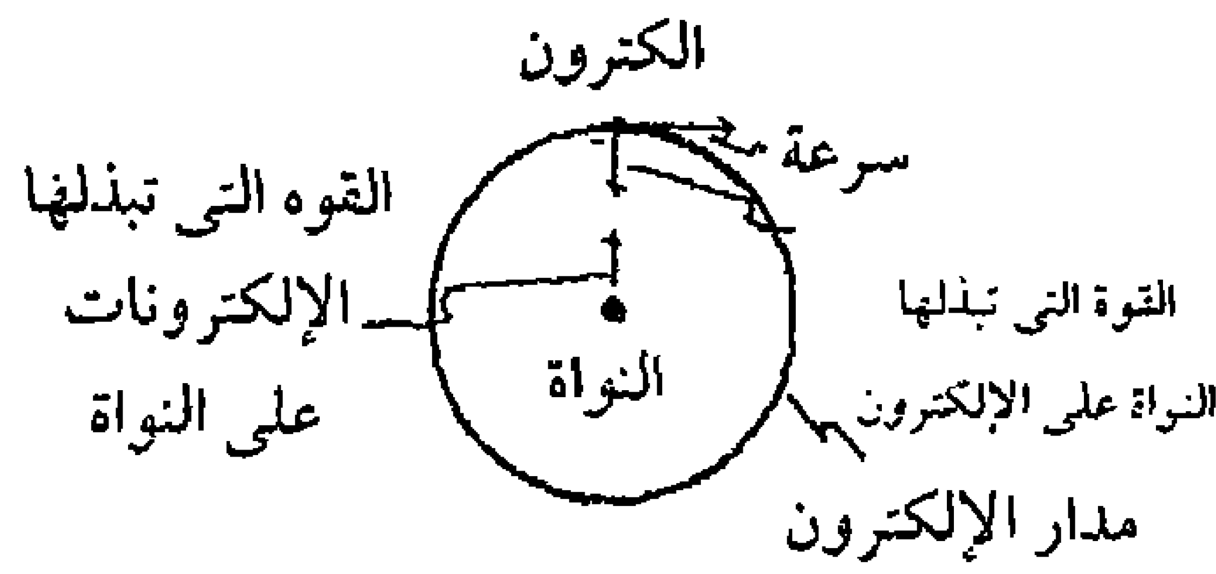
العالم الغريب لميكانيكا الكم

ولكن ما الدالة الموجية ؟ وما الذى يتموج بالضبط ؟
ها هو ما افترضه ماكس بورن (بعد أن تبع فكرة لأينشتين بسخرية)



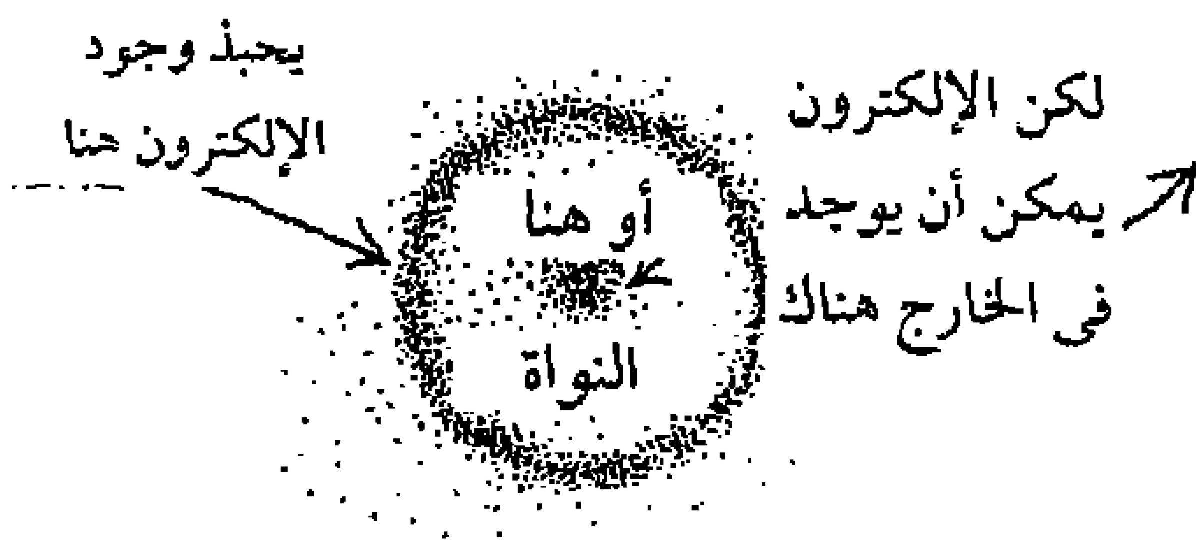
ومن أبسط المشاكل التى تحل بميكانيكا الكم ذرة الهيدروجين. عندما تحل معادلة شرودنجر فى هذه الحالة تحدد الدالة الموجية الناتجة كل حالة طاقة فى الذرة حيث إنها تعطى احتمال إيجاد الكترونات على مسافات مختلفة من النواة. فى هذه الحالة تحاط النواة بسحابة احتمالية بدلاً من المدارات الدقيقة للإلكترونات التى تتخذ شكل الكواكب كما فى الذرة الكلاسية.

الصورة الكلاسية لذرة الهيدروجين





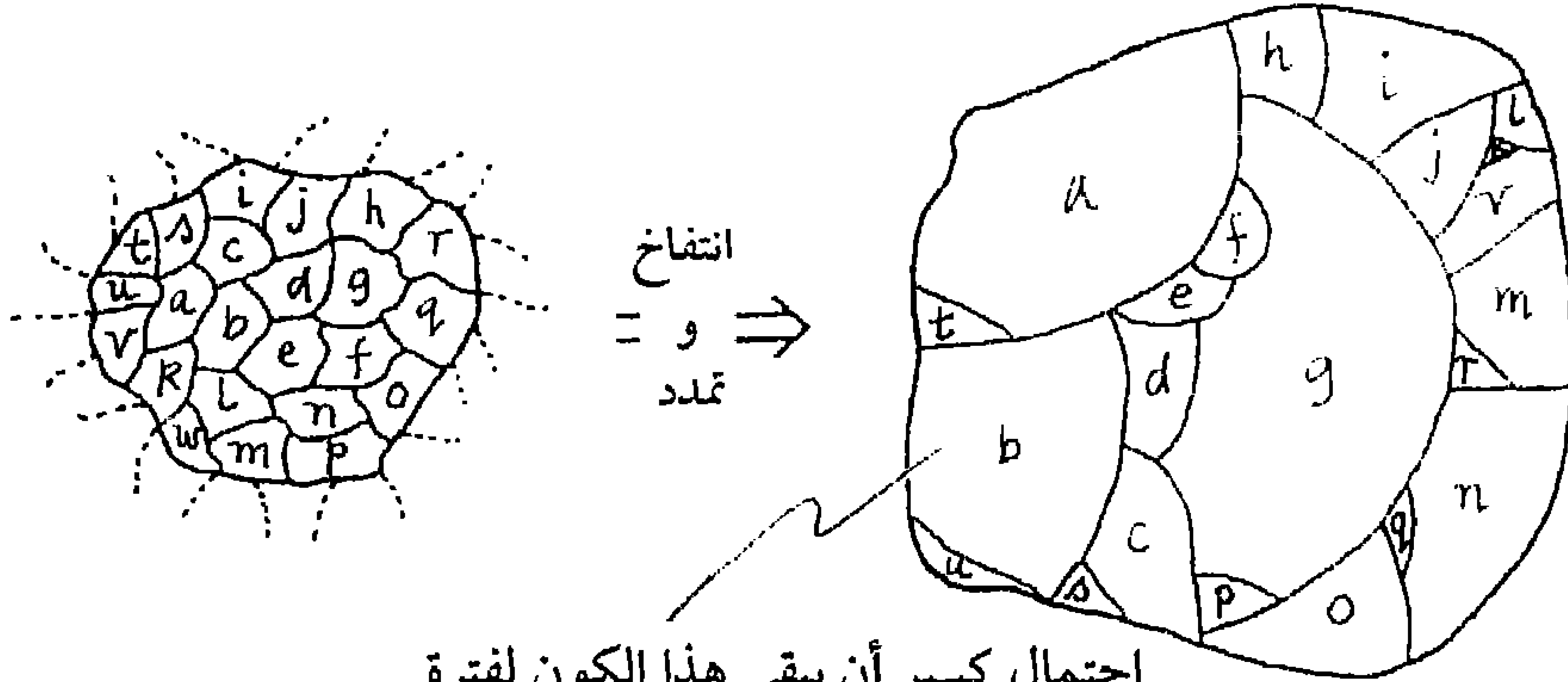
الصورة الكمية لذرة الهيدروجين

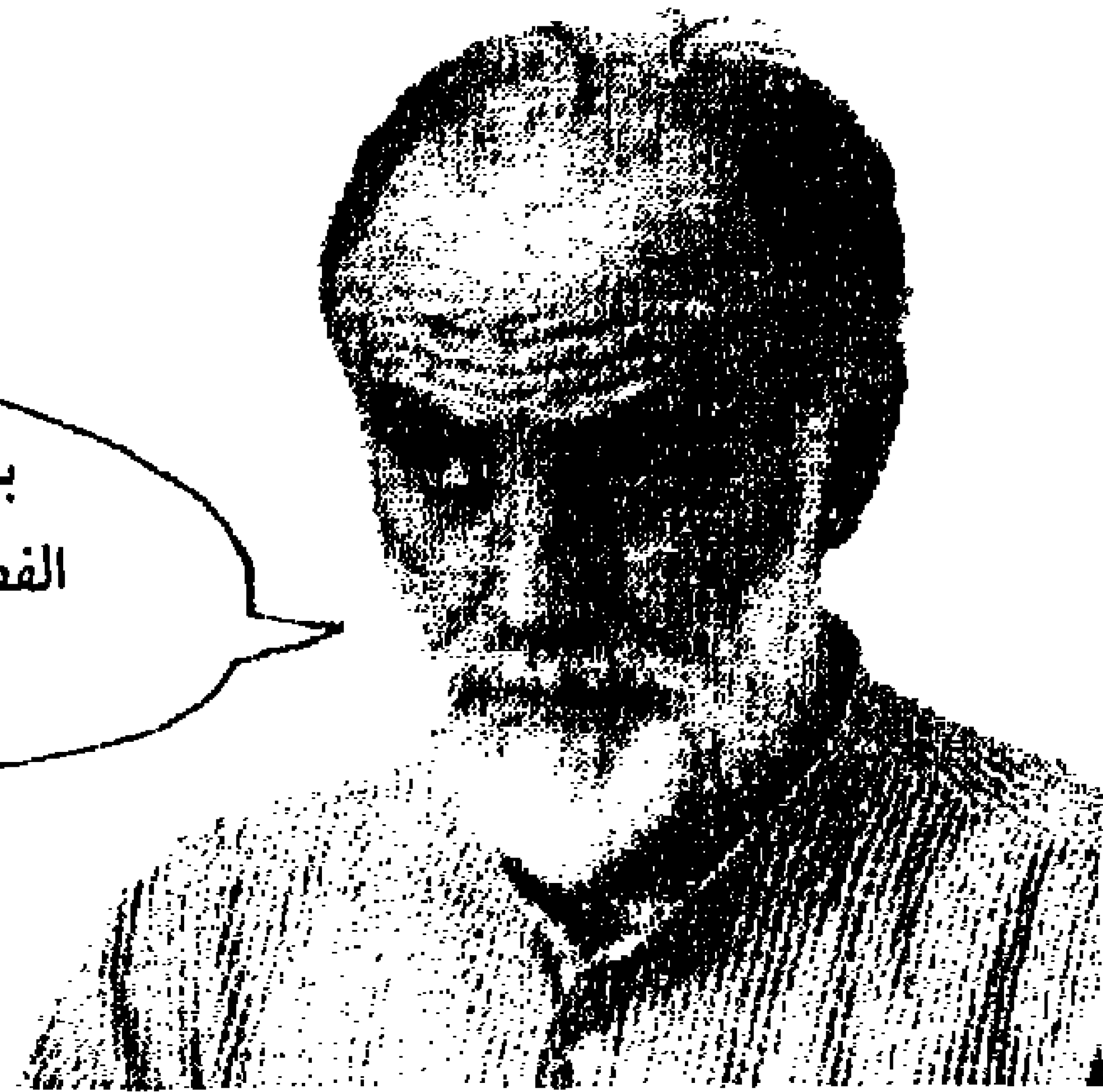


علم الكونيات الكمى : تطبيق معادلة شرودنجر على الكون

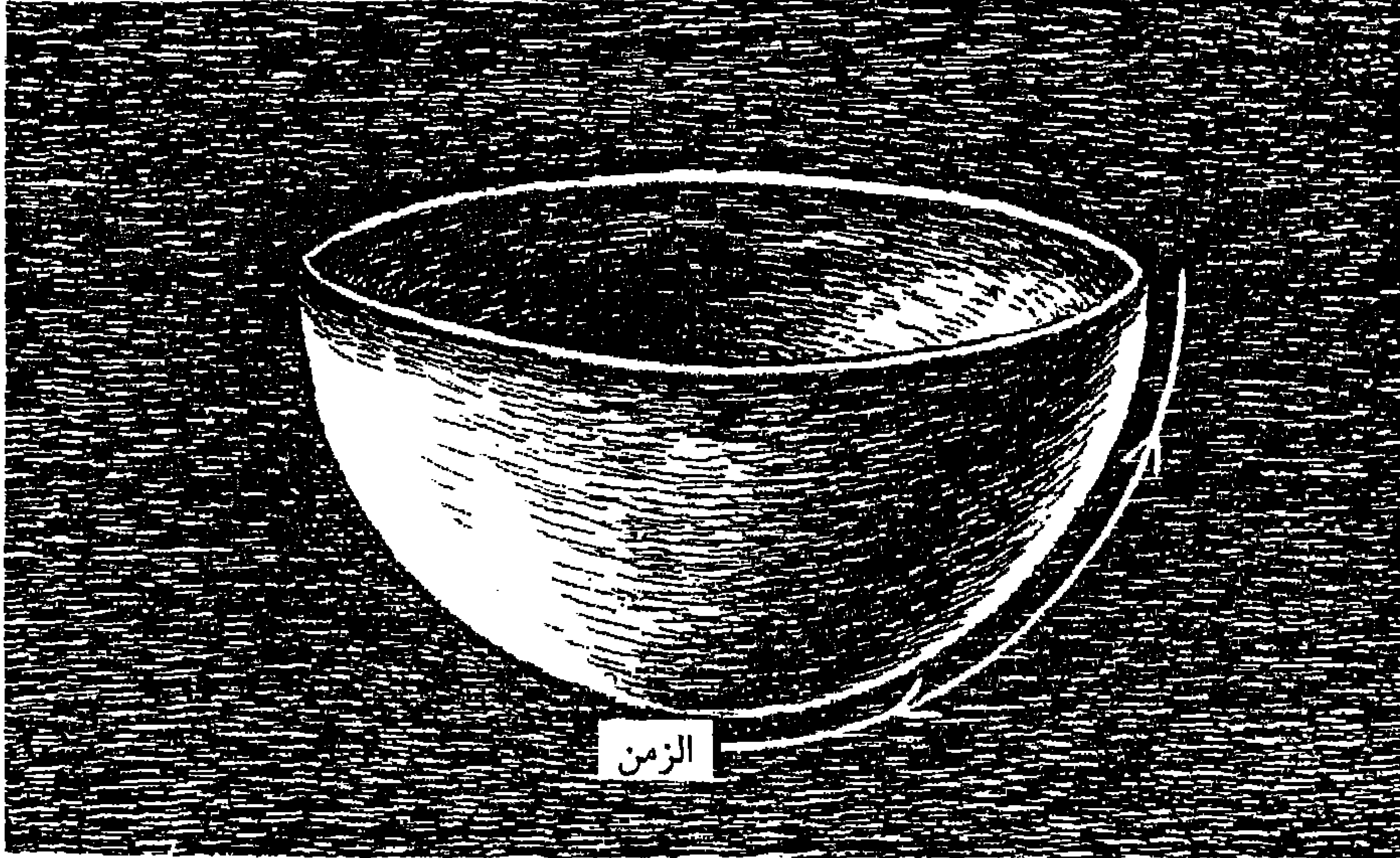
هل هوكنج مفكر جرىء؟ بدلاً من مدارات الإلكترونات فى الذرة فكر فى النماذج الكونية للكون. تقترح النسبية العامة العديد من النماذج : بعضها يقول إن الكون يتمدد من نقطة إلى حجم كبير ثم ينكمش إلى نقطة مرة أخرى والبعض الآخر يتمدد دائمًا، والبعض تتمدد بمعدلات مختلفة فى الاتجاهات المختلفة. ولكن كلها تحقق معادلات أينشتين.

وكما استبدل شرودنجر الدوال الموجية بالمسارات الكلاسية للإلكترونات، وهذه الدوال نصف احتمالية قيام الإلكترونات بشيء أو بآخر، قام (هوكنج وهارتل) بتخصيص دالة موجية لبعض النماذج الكونية وهذه الدالة احتمال أن يكون للكون شكل هندسى ما.

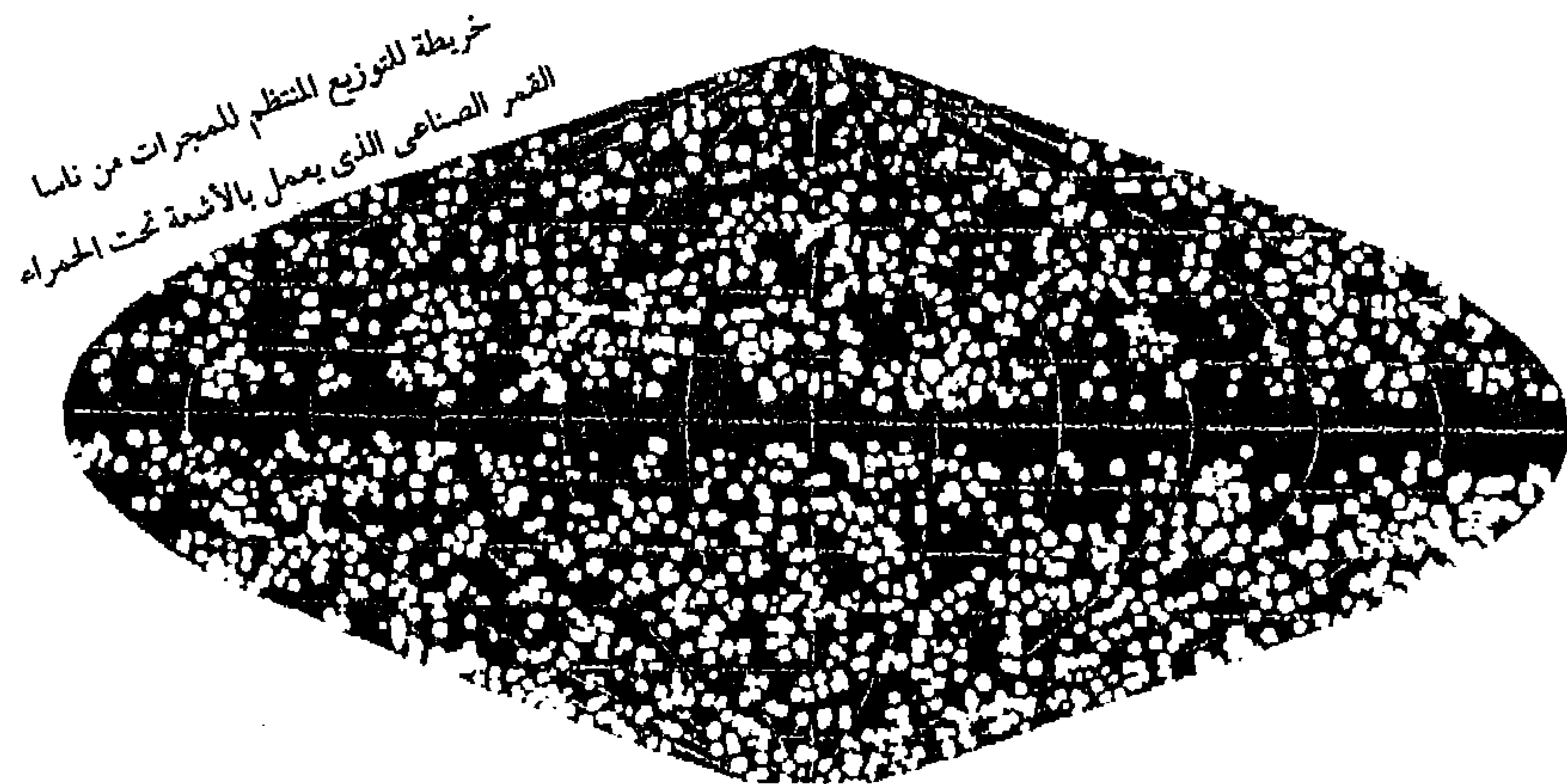




والأكوان المغلقة تخضع لهذا القيد. فهي متناهية ولكن ليست لها حواف، شيء يشبه السطح ثنائي الأبعاد للأرض. فهي تتمدد ثم تصل إلى نقطة توقف، ثم تعود إلى نفس الحالة تمامًا مثل النقطة على حافة الطبق كما في الرسم. بهذه الصورة فإن الأكوان المغلقة يكون لها بداية ونهاية ولذلك سيكون لها حدود فقط في الزمن الحقيقي. أما المكون التخيلي فهو متصل. لذلك قام هوكنج وهارتل بإخفاء نقطتي التفرد الأولى والأخيرة للكون المغلق.



وأوضحا أيضًا أن الألوان المنتظمة هي أكثر احتمالاً ، لذلك تبين بأن كوننا مغلق ومنتظم في نفس الوقت، أي أنه عبارة عن كرة محدودة من الزمكان بدون حواف.



قسم الرياضيات التطبيقية
والفيزياء النظرية : ١٧ فبراير ١٩٩٥

كما أخبر هوكنج مؤلف هذا الكتاب قبل نشره بستة أسابيع ...

اقتراح اللاحدود يتنبأ بأن الكون قد بدأ بطريقة دقيقة ومنظمة جدًا. تمدد بالانتفاخ أولاً ثم وصل إلى الانفجار العظيم الساحق القياسي متمددًا إلى نصف قطر أعظم ومن بعدها ينهار فى تفرد ساحق عظيم بطريقة غير منظمة وغير مرتبة.





لقد وضحت الحسابات التى تمت حتى الآن نماذج بسيطة، وهى أن الكون المبنى على اقتراح اللاحدود يبدو مشابهًا كثيرًا لكوننا. بالإضافة إلى ذلك الكون سيشمل بعض الأفكار المهمة من علم الكونيات المعاصر مثل: الانتفاخ والتموجات الكمية. وحتى المبدأ الإنسانى يبدو متوافقًا، إذا فهمت هذه المفاهيم الثلاثة الأخيرة، ستكون صورة جيدة عن الكون عند ستيفن هوكنج . شيء غير سيئ بالنسبة لمبتدئ !

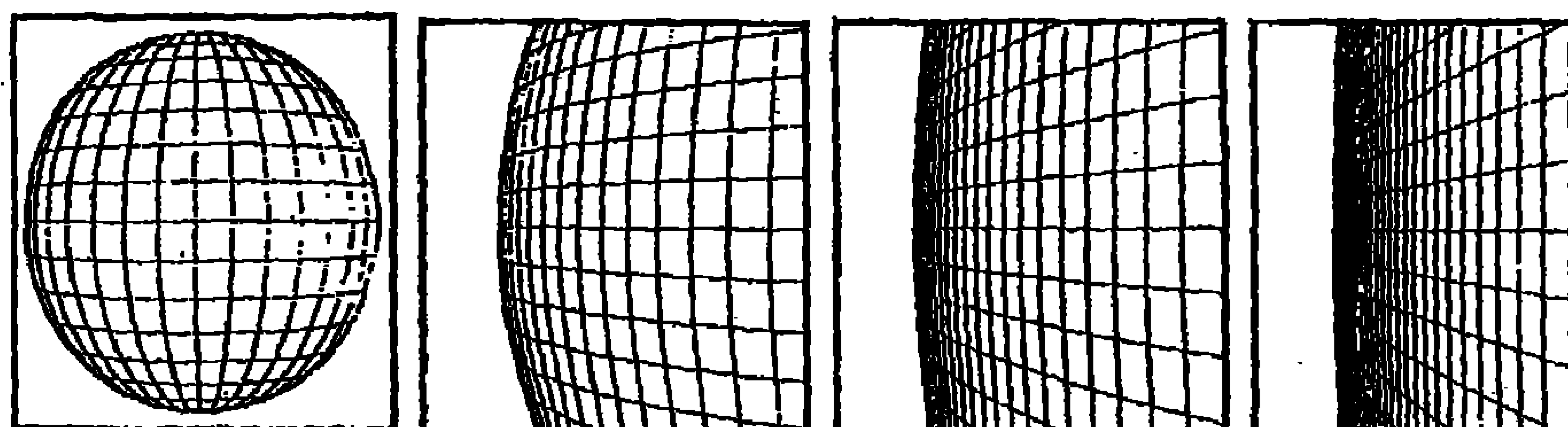
الانتفاخ

فى نهاية السبعينيات تم تقديم مبدأ جديد للانتفاخ افترض أن الكون تمدد من حالة ابتدائية أصغر من حجم البروتون إلى جسم كبير فى حدود عشرة أمتار خلال كسور من الثانية. وكان معدل هذا التمدد هائلاً، وقد حلت هذه الفكرة مشكلتين أزعجتا علماء الكونيات لسنوات:

١ - لماذا الكون مستو لهذه الدرجة أى أنه لا يظهر فيه أى انحناء ؟

٢- لماذا يكون إشعاعُ الخلفية الكونية منتظمًا إلى هذا الحد ؟

١ - أول هذه الأسئلة يتضمن كثافة كتلة الكون تتناغم تمامًا مع القيمة الحرجة منذ بداية التمدد، وذلك أمر يحير العقل . ولكن التمدد السريع فى البداية أدى إلى استواء الكون حتى كثافة الكتلة الحرجة كما هو واضح بالشكل:



استواء الكون عن طريق الانتفاخ

٢- يفسر الانتفاخ كذلك سبب انتظام الإشعاع الخلفى. عندما كان الكون فى حجمه المتناهى فى الصغر كانت كل المادة والطاقة متجانسة، حيث إن كل شيء كان مرتبطًا بكل شيء آخر. ومع حدوث الانتفاخ انتشر هذا التجانس فى الكون الأكبر الذى استمر فى التمدد. لذلك عندما انفصل ازدواج المادة والإشعاع بعد ٣٠٠٠٠٠ سنة ظل الكون منتظمًا بشكل مذهل

الانتفاخ والتراوحات الكمية

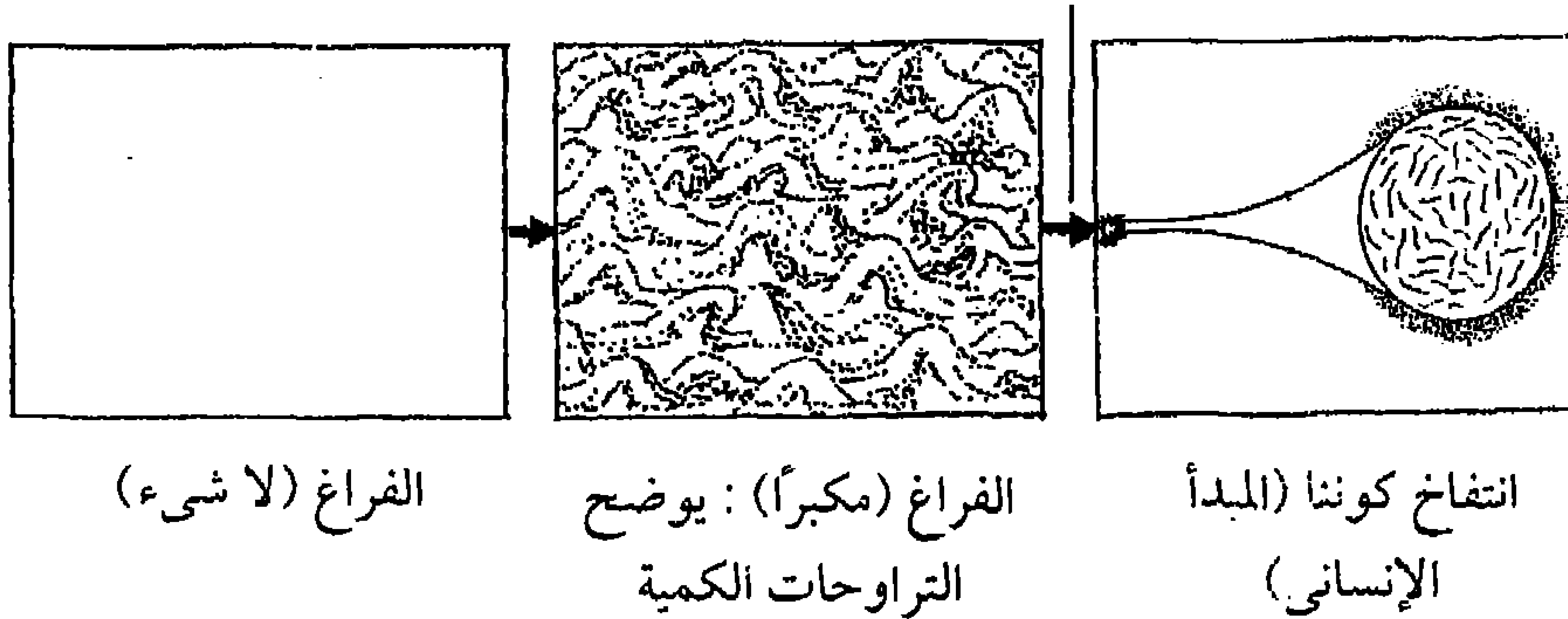
إن الانتفاخ الذى رقق الكون الابتدائى من الممكن أن يكون أنتج تغايرات كثافة صغيرة يمكن أن تفسر تكوين المجرات. تذكر من مناقشتنا للجزيئات التقديرية أنه إذا أمعنا النظر فى آى نظام فيزيائى (حتى الفراغ) نلاحظ آثار التراوحات الكمية.

ولا يمكن أن يمحو الانتفاخ هذه التموجات الكمية، ولكنه يحولها إلى تغايرات كثافة تظهر على هيئة تموجات من المادة والطاقة عبر الزمكان، وهذه التموجات من الممكن أن تطبع فى الخلفية الإشعاعية فى صورة تغايرات حرارة دقيقة. وكانت هذه التغايرات الدقيقة ما يبحث فيها جورج سموت وفريقه البحثى في ناسا، بوكلى عندما أطلقوا تجربة COBE (قمر صناعى مستكشف (للخلفية الكونية) عام ١٩٨٩ . نحن نحتاج إلى مفهوم أكثر جرأة..

أول كسر من الثانية

التغايرات فى كثافة الطاقة من التراوحات الكمية

تتم استعارة الطاقة الموجبة من مجال الجاذبية الانتفاخى لتكوين المادة ($E= mc^2$)



انتفاخ كوننا (المبدأ الإنسانى)

الفراغ (مكبرًا) : يوضح التراوحات الكمية

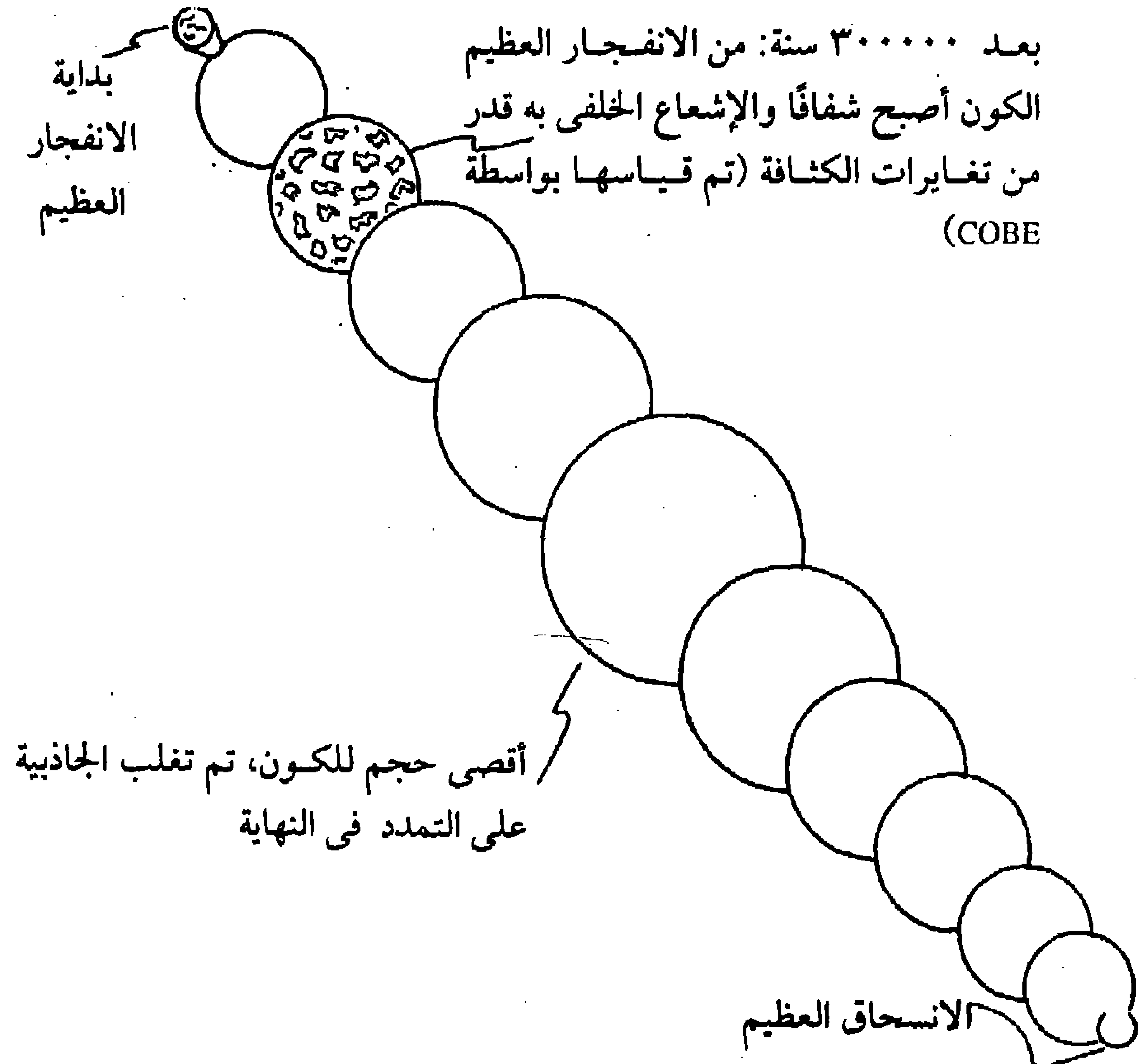
الفراغ (لا شىء)

المبدأ الإنسانى

هذا المبدأ عبارة عن فكرة شبه ميتافيزيقية، تتضمن أنه: إذا كان كون معين لا يبنى على الثوابت الأساسية للطبيعة التى تسمح بوجود الحياة وتطور الذكاء فلن يتمكن أى شخص من تحديد خواصه. وذلك هو السبب الذى جعل الكون الذى نعيش فيه سليمًا فى أعيننا فإنه قد تم توفيقه بصورة تامة.

وبالرغم من أن هناك الكثير من العلماء الذين استهجنوا هذه الفكرة فإن عالمًا فيزيائيًا كبيراً مثل ستيفن فاينبرج الحاصل على جائزة نوبل (الذى كتب كتابًا ثريًا عن الكون الأول يسمى ، الدقائق الثلاث الأولى) يعتقد أن علم الكونيات الكمى يمدنا بسياق يعتبر فيه المبدأ الإنسانى شائعاً وبسيطاً. وأكثر الأكوان احتمالاً هو ذلك الكون الذى نعيش فيه ! وكما قال الفيلسوف السخيف بانجلوس لكانديد فى مسرحية فولتير: «نحن نعيش فى أفضل العوالم الممكنة».

الألف بليون سنة التالية



جائزة نوبل لهوكنج

لقد تسلم هوكنج تقريبًا كل جائزة ودرجة فخرية يمكن أن تُمنح لعالم. والسؤال الطبيعي الآن هو : هل سيمنح أفضل وأشهر هذه الجوائز - وهى دعوته إلى الأكاديمية الملكية للعلوم فى ستوكهولم لتسليمه جائزة نوبل فى الفيزياء؟



هناك بعض التعقيدات ، وأول هذه التعقيدات هو أن هذه الجائزة نادرًا ما منحت لشخص فى الفلك أو علم الكونيات ، بل فى الفيزياء الخالصة. وثانيها أكثر جدية. لقد كان ألفريد نوبل (الذى حقق ثروته من حق براءة اختراع عن المادة المفرقعة TNT) رجلاً عمليًا وأصر أن يتم تحقيق الاكتشافات النظرية بتجارب عملية من أجل قانونية وشرعية هذه الجائزة. وبالنسبة لعلماء الكونيات مثل هوكنج تمتد معاملهم إلى أقصى مناطق فى الكون، ومن الصعب جدًا، إن لم يكن مستحيلاً إثبات أفكارهم عمليًا تجريبيًا، وإن حدث فإنه يستغرق عقودًا.

دعنا نستعرض الاكتشافات النظرية لهوكنج التى ربما تجعله يفوز بجائزة نوبل :

١- باستخدام النسبية العامة أوضح هوكنج وبنروز أن المفهوم الكلاسى للزمن لابد أن يكون قد بدأ بتفرد عند الانفجار العظيم ولذلك فإن الكون كان فى حالة ساخنة وكثيفة فى زمن ما.

٢- فى عام ١٩٧٤ اكتشف أن الثقوب السوداء تبث إشعاعًا (يسمى الآن إشعاع هوكنج) مثل أى جسم ديناميكى حرارى آخر، ولها درجة حرارة (تتناسب مع جاذبية سطحها) وأنتروبيا (تتناسب مع مساحة سطحها).

٣- لقد وضع نموذجًا للكون الأول هو وجيم هارتل وأسماه بمبدأ اللاحدود ويتنبأ هذا النموذج بتغايرات الكثافة فى الكون الأول نتيجة للتراوحات الكمية للفراغ.

ولسوء الحظ لا يعتبر أعظم أعماله (إشعاع هوكنج) ملائمًا لجائزة نوبل وذلك لاستحالة كشفه..

على أية حال يمكن إثبات كل من تفرد الانفجار العظيم (الحالة الكثيفة الساخنة للكون) (الكمية بدون تشكل المجرات) باستخدام قياسات مطلقة شديدة الدقة وتفاضلية شديدة الحساسية لإشعاع الخلفية الكونية.

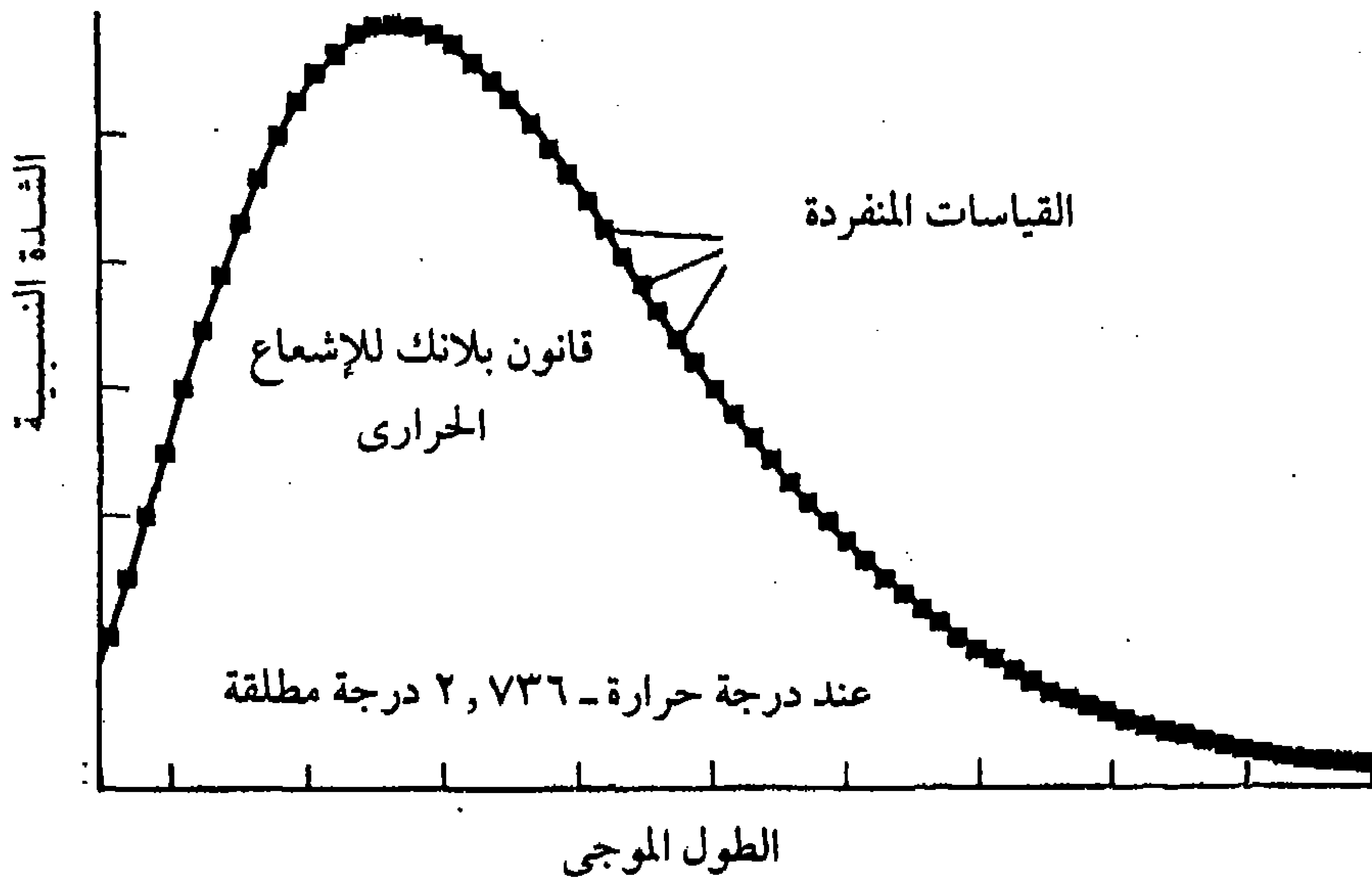
وهذا هو بالفعل ما قام به مشروع COBE ما بين ١٩٨٩ و ١٩٩٢ .

COBE : أعظم اكتشاف على مر التاريخ (؟)

مر أكثر من اثنى عشر عامًا على تصميم وتشغيل مشروع COBE ولكن نتائجه لم تستغرق وقتًا طويلاً، ولقد تم إطلاقه فى عام ١٩٨٩ ، واخذت الآلات ثمانى دقائق فقط لإثبات النتائج المعتمدة على القياسات التى قام بها بنزياس وويلسون فى عام ١٩٦٤ ولكن عند أطوال موجية كثيرة جداً فى هذه المرة. وقد وضحت هذه النتائج منحنى إشعاع حرارى شبه تام لدرجة حرارة خلفية ٢,٧٣٦ درجة مئوية فوق الصفر المطلق.

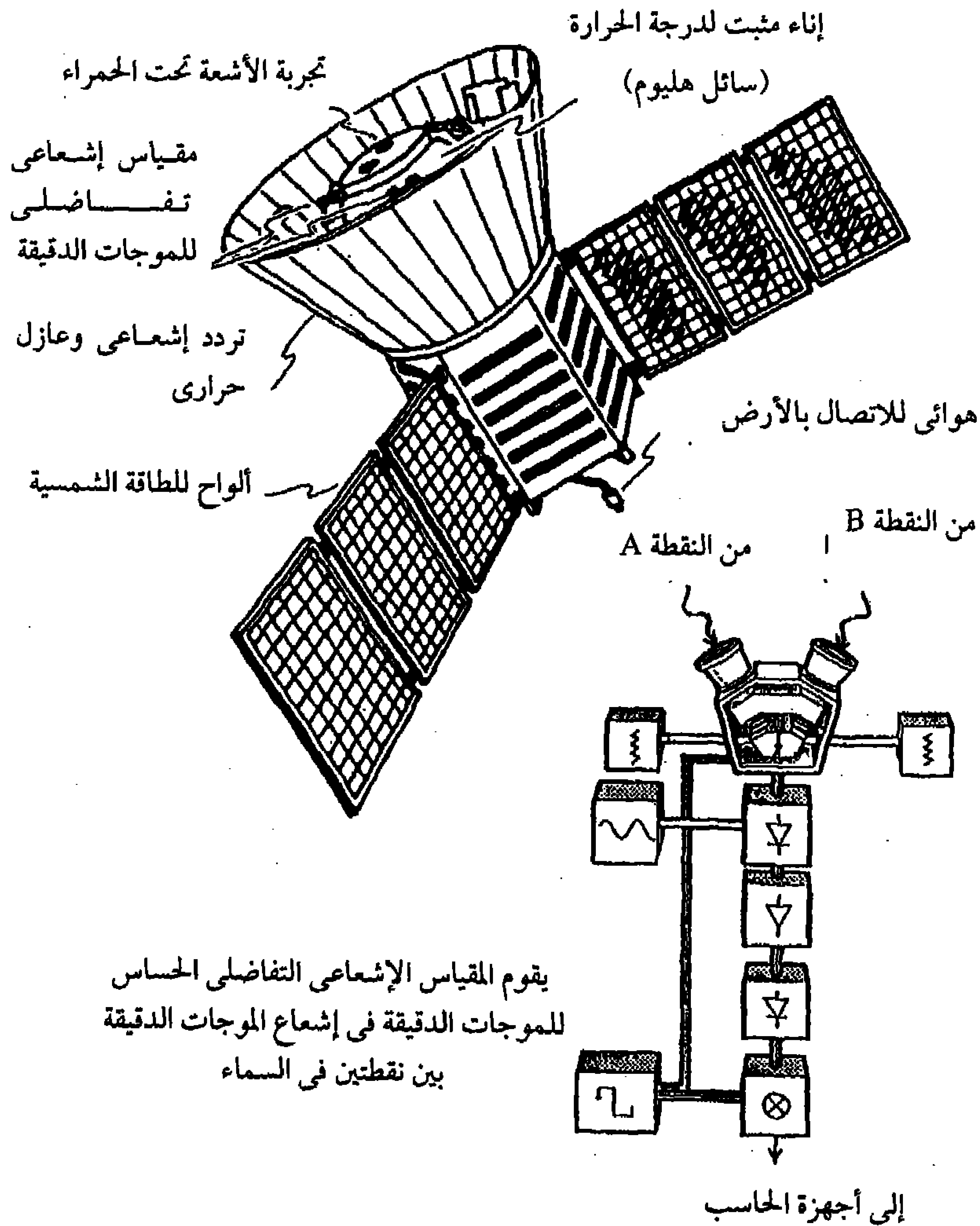
كان هذا هو COBE 1 الذى استخدم مقياس إشعاع موجات دقيقة مطلق تتم معايرته بواسطة حمام من سائل الهليوم على متن القمر الصناعى. وقد أثبتت هذه النتائج بدون شك أن الكاشفات كانت تبعث ببقايا الحالة الساخنة الكثيفة للكون الأول والتى نطلق عليها الانفجار العظيم. ومثل هذا المنحنى من الممكن أن يجعل ماكس بلانك يرتعد مثلما فعل كل من كان فى الجمعية الملكية الأمريكية عند تقديمه لأول مرة عام ١٩٩٠ .

قياسات COBE الإشعاع الخلفى.



ولكن الإخبـار العظيم لم يأت بعد، تم إطلاق COBE II والذى استخدم مـقياس إشعاع مـوجات دقـيقـة (DMR) على تفاضـلى حساس يقـيس الفرق فى درجـات الحرارة بين نقطتين فى الفـضاء، بدلاً من قيـاس درجة الحرارة المطلقـة للإشعاع عند نقطة مـعينة فى السماء، وظهرت النتيجة على الهوائى الوحيد لـ COBE I : درجة الحرارة عند النقطة A = ٢,٧٢٥ ولـكــن COBE II الذى يستـخدم مقيـاس إشعاع تفاضلى مزدوج الهوائى أعطى الإجابة : فرق درجات الحرارة بين النقطة A والنقطة B هو ٠,٠٠٢ درجة.

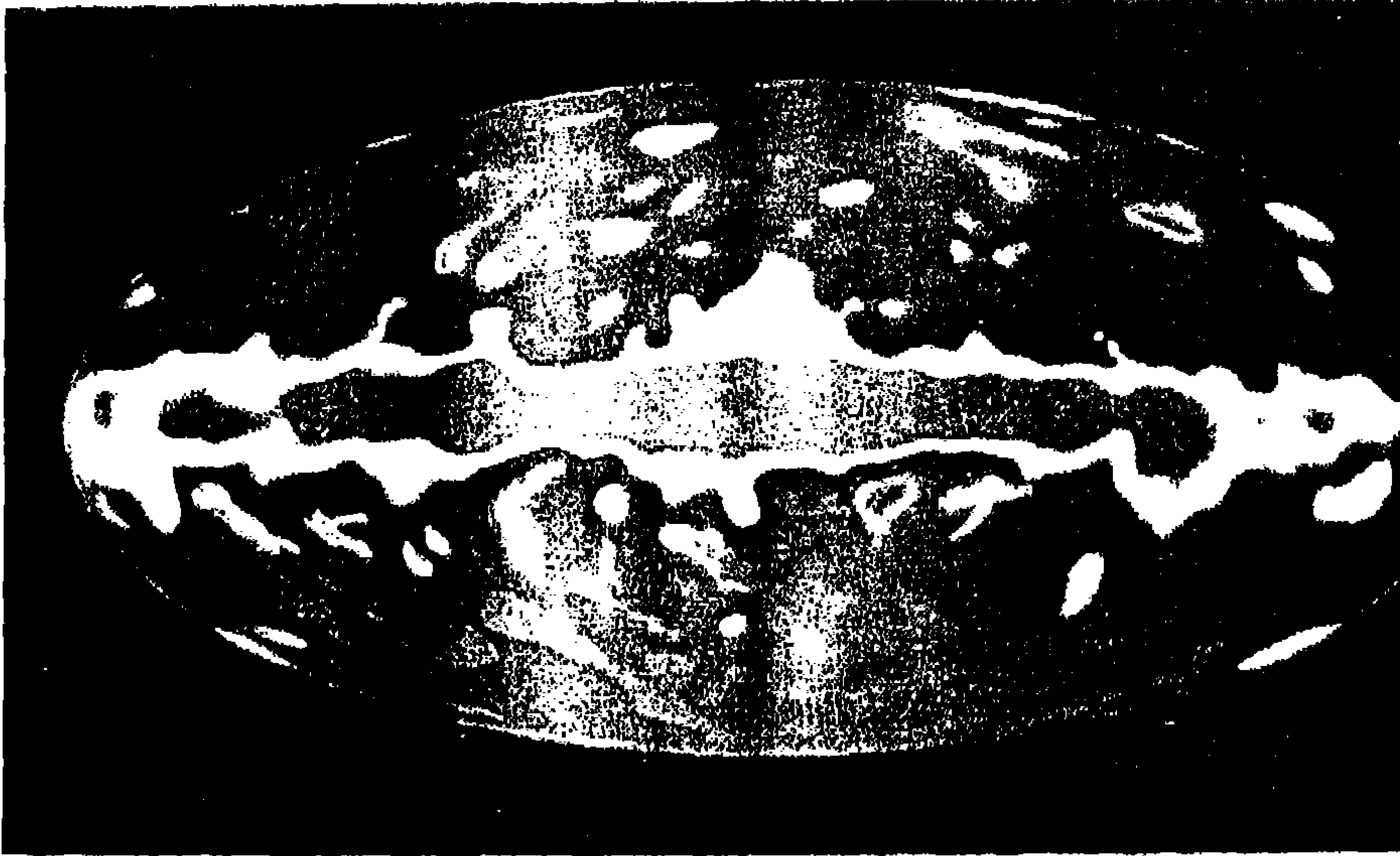
مركبة فضاء COBE



وكان هذا هو مشروع جورج سموت للبحث عن دليل للتموجات فى زمكان كون عمره ٣٠٠٠٠٠ عام. وفى أبريل عام ١٩٩٢ بعد أكثر من عامين من تجميع البيانات وتحليلها قام سموت وفريقه بإعلان مهم جداً وهو أن القمر الصناعى COBE قام بكشف تغايرات دقيقة فى درجات الحرارة تصل إلى حوالى واحد على مائة ألف من الدرجة فى الإشعاع الخلفى..



خريطة COBE لسماء الموجات الدقيقة توضح مجرتنا والتموجات الكونية



ويبدو أنه أصبح ممكنًا للمنظرين الآن تفسير بعض البيانات التى نراها فى كوننا الآن على أنها أحداث تمت قبل بلايين السنين.

وقوبل التقرير بترحيب إعلامى كبير على مستوى العالم.



THE INDEPENDEN

How the universe began

NEWS

Has Man mastered the universe?

Science and religion in a cl

Scientific communit
filled with excitem

A discovery has scientis

Ripples from the Big Bang are making waves in ast
renewing interest in fundamental questions about t

لقد قام COBE برسم خريطة للسماء وقـاس الإشـعـاع الخلفى للانفـجـار العظيم.



أدلى كل من هوكنج وسموت ببيانات غطت طرفى الطيف العاطفى. وقد قبل سموت الانفجار العظيم على أنه حدث خلق وذلك لكونه متدينًا وقد حركته نتائج COBE عاطفيًا.

لكن هوكنج يرى الأشياء باختلاف، فبالنسبة له التغايرات فى الإشعاع الخلفى فى الخلفية الإشعاعية التى تم قياسها بواسطة COBE ما هى إلا دليل على وجود تراوحات كمية فى الكون المنتفخ يتسق مع اقتراح اللاحدود الذى وضعه. فلا يتعجب أحد لكونه مبتسمًا.

وقد رأى معظم العلماء أن نجاح COBE ما هو إلا تأكيد مذهل لعلم كونيات الانفجار العظيم. ولكن لم ينته العمل بعد، فربما يكون الحل النهائى لألغاز بداية وبنية الكون أكثر تعقيدًا.

ما الكون الذى مركزه الأرض عند أرسطو وبطليموس، والنظام الذى مركزه الشمس عند كوبرنيكوس والبيضة الكونية عند لومتر واقتراح اللاحدود عند هوكنج إلا خطوات على طريق الفهم الأعمق الكون ومكاننا فيه وهذه الرحلة مطروحة لكل شخص ليفهمها ويتأملها ويستمتع بها.



ستيفن وليام هوكنج عالم الكونيات ومثال للإنسان العاقل حوالى عام ٢٠٠٠ بعد الميلاد قام بأداء دوره

المحتويات

الموضوع	الصفحة
كلمة اعتذار	5
مقدمة	7
أكثر الرجال حظاً فى العالم	9
النظرية النسبية العامة	17
نيوتن : مبدأ القوة	20
أربعة أنواع من القوى فى الكون	21
المبادىء الرياضية The principia	24
نيوتن وهوكنج	27
مبدأ الكتلة	30
ألبرت اينشتين، منقذ الفيزياء التقليدية	34
أينشتين وهوكنج	37
أسعد فكرة لأينشتين	38
الحضيض الشمسى لعطارد: من المشكلة إلى الحل	41
العثور على المعادلة الصحيحة	42
معادلات المجال : ماذا تعنى ؟	44
توضيح الفضاء المنحنى: نموذج الرقيقة المطاطية	46
انثناء ضوء النجم: كسوف ٢٩ مايو ١٩١٩	48
حل معادلات أينشتين: نقطة البداية لأبحاث هوكنج	51
١) هندسة شوارتز شيلد	52
نصف القطر الحرج	53
٢) فريدمان: الكون المتمدد	54
مؤسس الانفجار العظيم: هدف «لومتر» الأساسى	56
٣) أوبنهايمر: فى الانهيار المستمر للجاذبية	58
١ سبتمبر ١٩٣٩	60
١٩٤٢ نقطة تحول فى هذه القصة	62
وفاة أينشتين	63

عصر هوكنج	71
مشرف الرسالة غير الأنانى	79
شيء تحتاج لمعرفته: ما التفرد؟	84
تطور الكون	91
١٩٦٥: عام كبير بالنسبة لهوكنج	92
عقل لايمكن إيقافه	93
ثورة الستينات	94
دالاس ١٩٦٣	96
شيء تحتاج إلى معرفته: الطيف الكهرومغناطيسى	99
١٩٦٣: أشباه النجوم Quasars	101
١٩٦٥: إشعاع الخلفية الكونية	103
شيء ما تحتاج لمعرفته: الإشعاع الحرارى	104
تاريخ الكون	106
الثقوب السوداء	112
عصر الثقوب السوداء	113
ما الثقب الأسود ؟	114
مولد وموت النجوم	115
كيف تنهار النجوم لتكون الأقزام البيضاء والنجوم النيوترونية والثقوب السوداء	118
ماذا يحدث إذا سقط شخص ما داخل الثقب الأسود؟	122
الدليل الرصدى للثقوب السوداء	123
السبعينيات : هوكنج والثقوب السوداء	127
لحظة الإلهام عند هوكنج	130
قوانين الديناميكا الحرارية	132
والآن نعود للثقوب السوداء	136
المولد البحثى لفكرة جديدة	137
أغسطس ١٩٧٢، مدرسة لوهووش الصيفية فى فيزياء الثقوب السوداء	139
مبدأ اللايقين والجسيمات التقديرية	142
فبراير ١٩٧٤، معمل راذر فورد	147

هوكنج والفاتيكان ـ جاليليو العصر الحديث 153
هوكنج والكون الأول 158
لماذا نحتاج لنظرية الكم؟ 159
علم الكونيات الكمى 160
الجذب الكمى أو (ن ك ش) 161
علم الكونيات الكمى والزمن المركب 163
الموجات والجسيمات: سخرية الطبيعة من علماء الفيزياء 164
العالم الغريب لميكانيكا الكم 165
علم الكونيات الكمي: تطبيق معادلة شرودنجر على الكون 166
قسم الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية:١٧ فبراير ١٩٩٥ 168
الانتفاخ والتراوحات الكمية 170
المبدأ الإنسانى 171
جائزة نوبل لهوكنج 172
COBE : أعظم اكتشاف على مر التاريخ (؟) 174

المشروع القومى للترجمة

المشروع القومى للترجمة مشروع تنمية ثقافية بالدرجة الأولى ، ينطلق من الإيجابيات التى حققتها مشروعات الترجمة التى سبقته فى مصر والعالم العربى ويسعى إلى الإضافة بما يفتح الأفق على وعود المستقبل، معتمداً المبادئ التالية :

١- الخروج من أسر المركزية الأوروبية وهيمنة اللغتين الإنجليزية والفرنسية .

٢- التوازن بين المعارف الإنسانية فى المجالات العلمية والفنية والفكرية والإبداعية .

٣- الانحياز إلى كل ما يؤسس لأفكار التقدم وحضور العلم وإشاعة العقلانية والتشجيع على التجريب .

٤- ترجمة الأصول المعرفية التى أصبحت أقرب إلى الإطار المرجعى فى الثقافة الإنسانية المعاصرة، جنباً إلى جنب المنجزات الجديدة التى تضع القارئ فى القلب من حركة الإبداع والفكر العالميين .

٥- العمل على إعداد جيل جديد من المترجمين المتخصصين عن طريق ورش العمل بالتنسيق مع لجنة الترجمة بالمجلس الأعلى للثقافة .

٦- الاستعانة بكل الخبرات العربية وتنسيق الجهود مع المؤسسات المعنية بالترجمة .

المشروع القومى للترجمة

١ - اللغة العليا (طبعة ثانية)	جون كوين	ت : أحمد درويش
٢ - الوثنية والإسلام	ك. مادهو بانيكار	ت : أحمد فؤاد بلبع
٣ - التراث المسروق	جورج جيمس	ت : شوقى جلال
٤ - كيف تتم كتابة السيناريو	انجا كاريتنكوفا	ت : أحمد الحضرى
٥ - ثريا فى غيبوبة	إسماعيل فصيح	ت : محمد علاء الدين منصور
٦ - اتجاهات البحث اللسانى	ميلكا إفيتش	ت : سعد مصلوح / وفاء كامل فايد
٧ - العلوم الإنسانية والفلسفة	لوسيان غولدمان	ت : يوسف الأنطكى
٨ - مشعلو الحرائق	ماكس فريش	ت : مصطفى ماهر
٩ - التغيرات البيئية	أندرو س. جودى	ت : محمود محمد عاشور
١٠ - خطاب الحكاية	چيرار چينيت	ت : محمد معتصم وعبد الجليل الأزدى وعمر حلى
١١ - مختارات	فيسوافا شيمبوريسكا	ت : هناء عبد الفتاح
١٢ - طريق الحرير	ديفيد براونيستون وايرين فرانك	ت : أحمد محمود
١٣ - ديانة الساميين	روبرتسن سميث	ت : عبد الوهاب علوب
١٤ - التحليل النفسى والأدب	جان بيلمان نويل	ت : حسن المودن
١٥ - الحركات الفنية	إدوارد لويس سميث	ت : أشرف رفيق عفيفى
١٦ - أثينة السوداء	مارتن برنال	ت : بإشراف / أحمد عتمان
١٧ - مختارات	فيليب لاركين	ت : محمد مصطفى بدوى
١٨ - الشعر النسائى فى أمريكا اللاتينية	مختارات	ت : طلعت شاهين
١٩ - الأعمال الشعرية الكاملة	چورج سفيريس	ت : نعيم عطية
٢٠ - قصة العلم	ج. ج. كراوثر	ت: يمنى طريف الخولى / بدوى عبد الفتاح
٢١ - خوخة وألف خوخة	صمد بهرنجى	ت : ماجدة العنانى
٢٢ - مذكرات رحالة عن المصريين	جون أنتيس	ت : سيد أحمد على الناصرى
٢٣ - تجلى الجميل	هانز جيورج جادامر	ت : سعيد توفيق
٢٤ - ظلال المستقبل	باتريك بارندر	ت : بكر عباس
٢٥ - مثنوى	مولانا جلال الدين الرومى	ت : إبراهيم الدسوقى شتا
٢٦ - دين مصر العام	محمد حسين هيكل	ت : أحمد محمد حسين هيكل
٢٧ - التنوع البشرى الخلاق	مقالات	ت : نخبة
٢٨ - رسالة فى التسامح	جون لوك	ت : منى أبو سنه
٢٩ - الموت والوجود	جيمس ب. كارس	ت : بدر الديب
٣٠ - الوثنية والإسلام (ط٢)	ك. مادهو بانيكار	ت : أحمد فؤاد بلبع
٣١ - مصادر دراسة التاريخ الإسلامى	جان سوفاجيه - كلود كاين	ت : عبد الستار الحلوجى / عبد الوهاب علوب
٣٢ - الانقراض	ديفيد روس	ت : مصطفى إبراهيم فهمى
٣٣ - التاريخ الاقتصادى لأفريقيا الغربية	أ. ج. هوبكنز	ت : أحمد فؤاد بلبع
٣٤ - الرواية العربية	روجر آلن	ت : حصة إبراهيم المنيف
٣٥ - الأسطورة والحداثة	بول . ب . ديكسون	ت : خليل كلفت

٣٦ – نظريات السرد الحديثة	والاس مارتن	ت : حياة جاسم محمد
٣٧ – واحة سيوة وموسيقاها	بريجيت شيفر	ت : جمال عبد الرحيم
٣٨ – نقد الحداثة	آلن تورين	ت : أنور مغيث
٣٩ – الإغريق والحسد	بيتر والكوت	ت : منيرة كروان
٤٠ – قصائد حب	آن سكستون	ت : محمد عيد إبراهيم
٤١ – ما بعد المركزية الأوربية	بيتر جران	ت : عاطف أحمد / إبراهيم فتحى / محمود ماجد
٤٢ – عالم ماك	بنجامين باربر	ت : أحمد محمود
٤٣ – اللهب المزدوج	أوكتافيو پاث	ت : المهدى أخريف
٤٤ – بعد عدة أصياف	ألدوس هكسلى	ت : مارلين تادرس
٤٥ – التراث المغدور	روبرت ج دنيا – جون ف أ فاين	ت : أحمد محمود
٤٦ – عشرون قصيدة حب	بابلو نيرودا	ت : محمود السيد على
٤٧ – تاريخ النقد الأدبى الحديث جـ١	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٤٨ – حضارة مصر الفرعونية	فرانسوا دوما	ت : ماهر جويجاتى
٤٩ – الإسلام فى البلقان	هـ . ت . نوريس	ت : عبد الوهاب علوب
٥٠ – ألف ليلة وليلة أو القول الأسير	جمال الدين بن الشيخ	ت : محمد برادة وعثمانى الميلود ويوسف الأنطكى
٥١ – مسار الرواية الإسبانو أمريكية	داريو بيانويبا وخ. م بينياليستى	ت : محمد أبو العطا
٥٢ – العلاج النفسى التدعيمى	بيتر . ن . نوفاليس وستيفن . ج . روجسيفيتز وروجر بيل	ت : لطفى فطيم وعادل دمرداش
٥٣ – الدراما والتعليم	أ . ف . ألنجتون	ت : مرسى سعد الدين
٥٤ – المفهوم الإغريقى للمسرح	ج . مايكل والتون	ت : محسن مصيلحى
٥٥ – ما وراء العلم	چون بولكنجهوم	ت : على يوسف على
٥٦ – الأعمال الشعرية الكاملة (١)	فديريكو غرسية لوركا	ت : محمود على مكى
٥٧ – الأعمال الشعرية الكاملة (٢)	فديريكو غرسية لوركا	ت : محمود السيد ، ماهر البطوطى
٥٨ – مسرحيتان	فديريكو غرسية لوركا	ت : محمد أبو العطا
٥٩ – المحبرة	كارلوس مونييث	ت : السيد السيد سهيم
٦٠ – التصميم والشكل	جوهانز ايتين	ت : صبرى محمد عبد الغنى
٦١ – موسوعة علم الإنسان	شارلوت سيمور – سميث	مراجعة وإشراف : محمد الجوهرى
٦٢ – لذّة النّص	رولان بارت	ت : محمد خير البقاعى .
٦٣ – تاريخ النقد الأدبى الحديث جـ٢	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٦٤ – برتراند راسل (سيرة حياة)	آلان وود	ت : رمسيس عوض .
٦٥ – فى مدح الكسل ومقالات أخرى	برتراند راسل	ت : رمسيس عوض .
٦٦ – خمس مسرحيات أندلسية	أنطونيو جالا	ت : عبد اللطيف عبد الحليم
٦٧ – مختارات	فرناندو بيسوا	ت : المهدى أخريف
٦٨ – نتاشا العجوز وقصص أخرى	فالنتين راسبوتين	ت : أشرف الصباغ
٦٩ – العالم الإسلامى فى أوائل القرن العشرين	عبد الرشيد إبراهيم	ت : أحمد فؤاد متولى وهويدا محمد فهمى
٧٠ – ثقافة وحضارة أمريكا اللاتينية	أوخينيو تشانج رودريجث	ت : عبد الحميد غلاب وأحمد حشاد
٧١ – السيدة لا تصلح إلا للرمى	داريو فو	ت : حسين محمود

٧٢ - السياسى العجوز	ت . س . إليوت	ت : فؤاد مجلى
٧٣ - نقد استجابة القارئ	چين . ب . توميكنز	ت : حسن ناظم وعلى حاكم
٧٤ - صلاح الدين والمماليك فى مصر	ل . ا . سيمينوڤا	ت : حسن بيومى
٧٥ - فن التراجم والسير الذاتية	أندريه موروا	ت : أحمد درويش
٧٦ - چاك لاكان وإغواء التحليل النفسى	مجموعة من الكتاب	ت : عبد المقصود عبد الكريم
٧٧ - تاريخ النقد الأدبى الحديث ج ٣	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٧٨ - العولمة : النظرية الاجتماعية والثقافة الكونية	رونالد روبرتسون	ت : أحمد محمود ونورا أمين
٧٩ - شعرية التأليف	بوريس أوسبنسكى	ت : سعيد الغانمى وناصر حلاوى
٨٠ - بوشكين عند «نافورة الدموع»	ألكسندر بوشكين	ت : مكارم الغمرى
٨١ - الجماعات المتخيلة	بندكت أندرسن	ت : محمد طارق الشرقاوى
٨٢ - مسرح ميجيل	ميجيل دى أونامونو	ت : محمود السيد على
٨٣ - مختارات	غوتفريد بن	ت : خالد المعالى
٨٤ - موسوعة الأدب والنقد	مجموعة من الكتاب	ت : عبد الحميد شيحة
٨٥ - منصور الحلاج (مسرحية)	صلاح زكى أقطاى	ت : عبد الرازق بركات
٨٦ - طول الليل	جمال مير صادقى	ت : أحمد فتحى يوسف شتا
٨٧ - نون والقلم	جلال آل أحمد	ت : ماجدة العنانى
٨٨ - الابتلاء بالتغرب	جلال آل أحمد	ت : إبراهيم الدسوقى شتا
٨٩ - الطريق الثالث	أنتونى جيدنز	ت : أحمد زايد ومحمد محيى الدين
٩٠ - وسم السيف (قصص)	نخبة من كُتاب أمريكا اللاتينية	ت : محمد إبراهيم مبروك
٩١ - المسرح والتجريب بين النظرية والتطبيق	باربر الاسوستكا	ت : محمد هناء عبد الفتاح
٩٢ - أساليب ومضامين المسرح الإسبانوأمريكى المعاصر	كارلوس ميجيل	ت : نادية جمال الدين
٩٣ - محدثات العولمة	مايك فيذرستون وسكوت لاش	ت : عبد الوهاب علوب
٩٤ - الحب الأول والصحبة	صمويل بيكيت	ت : فوزية العشماوى
٩٥ - مختارات من المسرح الإسبانى	أنطونيو بويرو باييخو	ت : سرى محمد محمد عبد اللطيف
٩٦ - ثلاث زنبقات ووردة	قصص مختارة	ت : إدوار الخراط
٩٧ - هوية فرنسا (المجلد الأول)	فرنان برودل	ت : بشير السباعى
٩٨ - الهم الإنسانى والابتزاز الصهيونى	نماذج ومقالات	ت : أشرف الصباغ
٩٩ - تاريخ السينما العالمية	ديڤيد روبنسون	ت : إبراهيم قنديل
١٠٠ - مساءلة العولمة	بول هيرست وجراهام تومبسون	ت : إبراهيم فتحى
١٠١ - النص الروائى (تقنيات ومناهج)	بيرنار فاليط	ت : رشيد بنحدو
١٠٢ - السياسة والتسامح	عبد الكريم الخطيبى	ت : عز الدين الكتانى الإدريسى
١٠٣ - قبر ابن عربى يليه آياء	عبد الوهاب المؤدب	ت : محمد بنيس
١٠٤ - أوبرا ماهوجنى	برتولت بريشت	ت : عبد الغفار مكاوى
١٠٥ - مدخل إلى النص الجامع	چيرارچينيت	ت : عبد العزيز شبيل
١٠٦ - الأدب الأندلسى	د. ماريا خيسوس روبييرامتى	ت : أشرف على دعدور
١٠٧ - صورة الفدائى فى الشعر الأمريكى المعاصر	نخبة	ت : محمد عبد الله الجعيدى

١٠٨ – ثلاث دراسات عن الشعر الأندلسي	مجموعة من النقاد	ت : محمود على مكى
١٠٩ – حروب المياه	چون بولوك وعادل درويش	ت : هاشم أحمد محمد
١١٠ – النساء فى العالم النامى	حسنة بيجوم	ت : منى قطان
١١١ – المرأة والجريمة	فرانسيس هيندسون	ت : ريهام حسين إبراهيم
١١٢ – الاحتجاج الهادئ	أرلين علوى ماكليود	ت : إكرام يوسف
١١٣ – راية التمرد	سادى پلانت	ت : أحمد حسان
١١٤ – مسرحيتا حصاد كونجى وسكان المستنقع	وول شوينكا	ت : نسيم مجلى
١١٥ – غرفة تخص المرء وحده	فرچينيا وولف	ت : سمية رمضان
١١٦ – امرأة مختلفة (درية شفيق)	سينثيا نلسون	ت : نهاد أحمد سالم
١١٧ – المرأة والجنوسة فى الإسلام	ليلى أحمد	ت : منى إبراهيم ، وهالة كمال
١١٨ – النهضة النسائية فى مصر	بث بارون	ت : لميس النقاش
١١٩ – النساء والأسرة وقوانين الطلاق	أميرة الأزهرى سنبل	ت : بإشراف/ رؤوف عباس
١٢٠ – الحركة النسائية والتطور فى الشرق الأوسط	ليلى أبو لغد	ت : نخبة من المترجمين
١٢١ – الدليل الصغير فى كتابة المرأة العربية	فاطمة موسى	ت : محمد الجندى ، وإيزابيل كمال
١٢٢ –نظام العبودية القديم ونموذج الإنسان	جوزيف فوجت	ت : منيرة كروان
١٢٣–الإمبراطورية العثمانية وعلاقاتها الدولية	نينل الكسندر وفنادولينا	ت: أنور محمد إبراهيم
١٢٤ – الفجر الكاذب	چون جراى	ت : أحمد فؤاد بلبع
١٢٥ – التحليل الموسيقى	سيدريك ثورپ ديڤى	ت : سمحه الخولى
١٢٦ – فعل القراءة	ڤولفانج إيسر	ت : عبد الوهاب علوب
١٢٧ – إرهاب	صفاء فتحى	ت : بشير السباعى
١٢٨ – الأدب المقارن	سوزان باسنيت	ت : أميرة حسن نويرة
١٢٩ – الرواية الاسبانية المعاصرة	ماريا دولورس أسيس جاروته	ت : محمد أبو العطا وآخرون
١٣٠ – الشرق يصعد ثانية	أندريه جوندر فرانك	ت : شوقى جلال
١٣١ – مصر القديمة (التاريخ الاجتماعى)	مجموعة من المؤلفين	ت : لويس بقطر
١٣٢ – ثقافة العولمة	مايك فيذرستون	ت : عبد الوهاب علوب
١٣٣ – الخوف من المرايا	طارق على	ت : طلعت الشايب
١٣٤ – تشريح حضارة	بارى ج. كيمب	ت : أحمد محمود
١٣٥ – المختار من نقد ت. س. إليوت (ثلاثة أجزاء)	ت. س. إليوت	ت : ماهر شفيق فريد
١٣٦ – فلاحو الباشا	كينيث كونو	ت : سحر توفيق
١٣٧ – منكرات ضابط فى الحملة الفرنسية	چوزيف مارى مواريه	ت : كاميليا صبحى
١٣٨ – عالم التليفزيون بين الجمال والعنف	إيڤلينا تارونى	ت : وجيه سمعان عبد المسيح
١٣٩ – پارسيڤال	ريشارد ڤاچنر	ت : مصطفى ماهر
١٤٠ – حيث تلتقى الأنهار	هربرت ميسن	ت : أمل الجبورى
١٤١ – اثنتا عشرة مسرحية يونانية	مجموعة من المؤلفين	ت : نعيم عطية
١٤٢ – الإسكندرية : تاريخ ودليل	أ. م. فورستر	ت : حسن بيومى
١٤٣ – قضايا التنظير فى البحث الاجتماعى	ديريك لايدار	ت : عدلى السمرى
١٤٤ – صاحبة اللوكاندة	كارلو جولدونى	ت : سلامة محمد سليمان

١٤٥ - موت أرتيميو كروث	كارلوس فوينتس	ت : أحمد حسان
١٤٦ - الورقة الحمراء	ميجيل دى ليبس	ت : على عبد الرؤوف البمبى
١٤٧ - خطبة الإدانة الطويلة	تانكريد دورست	ت : عبد الغفار مكاوى
١٤٨ - القصة القصيرة (النظرية والتقنية)	إنريكى أندرسون إمبرت	ت : على إبراهيم على منوفى
١٤٩ - النظرية الشعرية عند إليوت وأدونيس	عاطف فضول	ت : أسامة إسبر
١٥٠ - التجربة الإغريقية	روبرت ج. ليتمان	ت: منيرة كروان
١٥١ - هوية فرنسا (مج ٢ ، ج ١)	فرنان بروديل	ت : بشير السباعى
١٥٢ - عدالة الهنود وقصص أخرى	نخبة من الكُتاب	ت : محمد محمد الخطابى
١٥٣ - غرام الفراعنة	فيولين فانويك	ت : فاطمة عبد الله محمود
١٥٤ - مدرسة فرانكفورت	فيل سليتر	ت : خليل كلفت
١٥٥ - الشعر الأمريكى المعاصر	نخبة من الشعراء	ت : أحمد مرسى
١٥٦ - المدارس الجمالية الكبرى	جى أنبال وآلان وأوديت فيرمو	ت : مى التلمسانى
١٥٧ - خسرو وشيرين	النظامى الكنوجى	ت : عبد العزيز بقوش
١٥٨ - هوية فرنسا (مج ٢ ، ج٢)	فرنان بروديل	ت : بشير السباعى
١٥٩ - الإيديولوجية	ديفيد هوكس	ت : إبراهيم فتحى
١٦٠ - آلة الطبيعة	بول إيرليش	ت : حسين بيومى
١٦١ - من المسرح الإسبانى	اليخاندرو كاسونا وأنطونيو جالا	ت : زيدان عبد الحليم زيدان
١٦٢ - تاريخ الكنيسة	يوحنا الآسيوى	ت : صلاح عبد العزيز محجوب
١٦٣ - موسوعة علم الاجتماع ج ١	جوردون مارشال	ت بإشراف : محمد الجوهرى
١٦٤ - شامبوليون (حياة من نور)	چان لاكوتير	ت : نبيل سعد
١٦٥ - حكايات الثعلب	أ . ن أفانا سيفا	ت : سهير المصادفة
١٦٦ - العلاقات بين المتدينين والعلمانيين فى إسرائيل	يشعياهو ليفمان	ت : محمد محمود أبو غدير
١٦٧ - فى عالم طاغور	رابندرانات طاغور	ت : شكرى محمد عياد
١٦٨ - دراسات فى الأدب والثقافة	مجموعة من المؤلفين	ت : شكرى محمد عياد
١٦٩ - إبداعات أدبية	مجموعة من المبدعين	ت : شكرى محمد عياد
١٧٠ - الطريق	ميغيل دليبيس	ت : بسام ياسين رشيد
١٧١ - وضع حد	فرانك بيجو	ت : هدى حسين
١٧٢ - حجر الشمس	مختارات	ت : محمد محمد الخطابى
١٧٣ - معنى الجمال	والتر ت . ستيس	ت : إمام عبد الفتاح إمام
١٧٤ - صناعة الثقافة السوداء	ايليس كاشمور	ت : أحمد محمود
١٧٥ - التليفزيون فى الحياة اليومية	لورينزو فيلشس	ت : وجيه سمعان عبد المسيح
١٧٦ - نحو مفهوم للاقتصاديات البيئية	توم تيتنبرج	ت : جلال البنا
١٧٧ - أنطون تشيخوف	هنرى ترويا	ت : حصة إبراهيم منيف
١٧٨ - مختارات من الشعر اليونانى الحديث	نخبة من الشعراء	ت : محمد حمدى إبراهيم
١٧٩ - حكايات أيسوب	أيسوب	ت : إمام عبد الفتاح إمام
١٨٠ - قصة جاويد	إسماعيل فصيح	ت : سليم عبدالأمير حمدان
١٨١ - النقد الأدبى الأمريكى	فنسنت . ب . ليتش	ت : محمد يحيى

١٨٢ – العنف والنبوءة	و . ب . ييتس	ت : ياسين طه حافظ
١٨٣ – جان كوكتو على شاشة السينما	رينيه جيلسون	ت : فتحى العشرى
١٨٤ – القاهرة .. حالمة لا تنام	هانز إيندورفر	ت : دسوقى سعيد
١٨٥ – أسفار العهد القديم	توماس تومسن	ت : عبد الوهاب علوب
١٨٦ – معجم مصطلحات هيجل	ميخائيل أنوود	ت : إمام عبد الفتاح إمام
١٨٧ – الأرضة	بُزُرْج علَوى	ت : علاء منصور
١٨٨ – موت الأدب	الفين كرنان	ت : بدر الديب
١٨٩ – العمى والبصيرة	پول دى مان	ت : سعيد الغانمى
١٩٠ – محاورات كونفوشيوس	كونفوشيوس	ت : محسن سيد فرجانى
١٩١ – الكلام رأسمال	الحاج أبو بكر إمام	ت : مصطفى حجازى السيد
١٩٢ – ساحت نامه إبراهيم بك جـ١	زين العابدين المراغى	ت : محمود سلامة علاوى
١٩٣ – عامل المنجم	بيتر أبراهامز	ت : محمد عبد الواحد محمد
١٩٤ – مختارات من النقد الأنجلو – أمريكى	مجموعة من النقاد	ت : ماهر شفيق فريد
١٩٥ – شتاء ٨٤	إسماعيل فصيح	ت : محمد علاء الدين منصور
١٩٦ – المهلة الأخيرة	فالنتين راسبوتين	ت : أشرف الصباغ
١٩٧ – الفاروق	شمس العلماء شبلى النعمانى	ت : جلال السعيد الحفناوى
١٩٨ – الاتصال الجماهيرى	إدوين إمرى وآخرون	ت : إبراهيم سلامة إبراهيم
١٩٩ – تاريخ يهود مصر فى الفترة العثمانية	يعقوب لانداوى	ت : جمال أحمد الرفاعى وأحمد عبد اللطيف حماد
٢٠٠ – ضحايا التنمية	جيرمى سيبروك	ت : فخرى لبيب
٢٠١ – الجانب الدينى للفلسفة	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصارى
٢٠٢ – تاريخ النقد الأدبى الحديث جـ٤	رينيه ويليك	ت : مجاهد عبد المنعم مجاهد
٢٠٣ – الشعر والشاعرية	ألطاف حسين حالى	ت : جلال السعيد الحفناوى
٢٠٤ – تاريخ نقد العهد القديم	زالمان شازار	ت : أحمد محمود هويدى
٢٠٥ – الجينات والشعوب واللغات	لويجى لوقا كافاللى – سفورزا	ت : أحمد مستجير
٢٠٦ – الهيولية تصنع علمًا جديدًا	جيمس جلايك	ت : على يوسف على
٢٠٧ – ليل إفريقى	رامون خوتاسندير	ت : محمد أبو العطا عبد الرؤوف
٢٠٨ – شخصية العربى فى المسرح الإسرائيلى	دان أوريان	ت : محمد أحمد صالح
٢٠٩ – السرد والمسرح	مجموعة من المؤلفين	ت : أشرف الصباغ
٢١٠ – مثنويات حكيم سنائى	سنائى الغزنوى	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٢١١ – فردينان دوسوسير	جوناثان كلر	ت : محمود حمدى عبد الغنى
٢١٢ – قصص الأمير مرزبان	مرزبان بن رستم بن شروين	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٢١٣ – مصر منذ قدوم نابليون حتى رحيل عبد الناصر	ريمون فلاور	ت : سيد أحمد على الناصرى
٢١٤ – قواعد جديدة للمنهج فى علم الاجتماع	أنتونى جيدنز	ت : محمد محمود محى الدين
٢١٥ – سياحت نامه إبراهيم بك جـ٢	زين العابدين المراغى	ت : محمود سلامة علاوى
٢١٦ – جوانب أخرى من حياتهم	مجموعة من المؤلفين	ت : أشرف الصباغ
٢١٧ – مسرحيتان طليعيتان	صمويل بيكيت	ت : نادية البنهاوى
٢١٨ – رايولا	خوليو كورتازار	ت : على إبراهيم على منوفى

٢١٩ - بقايا اليوم	كازو ايشجورو	ت : طلعت الشايب
٢٢٠ - الهيولية فى الكون	بارى باركر	ت : على يوسف على
٢٢١ - شعرية كفافى	جريجورى جوزدانيس	ت : رفعت سلام
٢٢٢ - فرانز كافكا	رونالد جراى	ت : نسيم مجلى
٢٢٣ - العلم فى مجتمع حر	بول فيرابنر	ت : السيد محمد نفادى
٢٢٤ - دمار يوغسلافيا	برانكا ماجاس	ت : منى عبد الظاهر إبراهيم السيد
٢٢٥ - حكاية غريق	جابرييل جارثيا ماركث	ت : السيد عبد الظاهر عبد الله
٢٢٦ - أرض المساء وقصائد أخرى	ديفيد هربت لورانس	ت : طاهر محمد على البربرى
٢٢٧ - المسرح الإسبانى فى القرن السابع عشر	موسى ماردينا ديف بوركى	ت : السيد عبد الظاهر عبد الله
٢٢٨ - علم الجمالية وعلم اجتماع الفن	جانيت وولف	ت : مارى تيريز عبد المسيح وخالد حسن
٢٢٩ - مأزق البطل الوحيد	نورمان كيمان	ت : أمير إبراهيم العمرى
٢٣٠ - عن الذباب والفئران والبشر	فرانسواز جاكوب	ت : مصطفى إبراهيم فهمى
٢٣١ - الدراقيل	خايمى سالوم بيدال	ت : جمال أحمد عبد الرحمن
٢٣٢ - مابعد المعلومات	توم ستينر	ت : مصطفى إبراهيم فهمى
٢٣٣ - فكرة الاضمحلال	أرثر هيرمان	ت : طلعت الشايب
٢٣٤ - الإسلام فى السودان	ج. سبنسر تريمنجهام	ت : فؤاد محمد عكود
٢٣٥ - ديوان شمس تبريزى ج١	جلال الدين الرومى	ت : إبراهيم الدسوقى شتا
٢٣٦ - الولاية	ميشيل تود	ت : أحمد الطيب
٢٣٧ - مصر أرض الوادى	روبين فيدين	ت : عنايات حسين طلعت
٢٣٨ - العولمة والتحرير	الانكتاد	ت : ياسر محمد جاد الله وعربى مدبولى أحمد
٢٣٩ - العربى فى الأدب الإسرائيلى	جيلارافر - رايوخ	ت : نادية سليمان حافظ وإيهاب صلاح فايق
٢٤٠ - الإسلام والغرب وإمكانية الحوار	كامى حافظ	ت : صلاح عبد العزيز محمود
٢٤١ - فى انتظار البرابرة	ك. م كويتز	ت : ابتسام عبد الله سعيد
٢٤٢ - سبعة أنماط من الغموض	وليام إمبسون	ت : صبرى محمد حسن عبد النبى
٢٤٣ - تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج ١)	ليفى بروفنسال	ت : مجموعة من المترجمين
٢٤٤ - الغليان	لاورا إسكيبيل	ت : نادية جمال الدين محمد
٢٤٥ - نساء مقاتلات	إليزابيتا أديس	ت : توفيق على منصور
٢٤٦ - قصص مختارة	جابرييل جرثيا ماركث	ت : على إبراهيم على منوفى
٢٤٧ - الثقافة الجماهيرية والحداثة فى مصر	وولتر أرمبرست	ت : محمد الشرقاوى
٢٤٨ - حقول عدن الخضراء	أنطونيو جالا	ت : عبد اللطيف عبد الحليم
٢٤٩ - لغة التمزق	دراجو شتامبوك	ت : رفعت سلام
٢٥٠ - علم اجتماع العلوم	دومنيك فينك	ت : ماجدة أباظة
٢٥١ - موسوعة علم الاجتماع ج ٢	جوردون مارشال	ت بإشراف : محمد الجوهرى
٢٥٢ - رائدات الحركة النسوية المصرية	مارجو بدران	ت : على بدران
٢٥٣ - تاريخ مصر الفاطمية	ل. أ. سيمينوفا	ت : حسن بيومى
٢٥٤ - الفلسفة	ديف روبنسون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٢٥٥ - أفلاطون	ديف روبنسون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام

٢٥٦ – ديكارت	ديف روبنسون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٢٥٧ – تاريخ الفلسفة الحديثة	وليم كلى رايت	ت : محمود سيد أحمد
٢٥٨ – الفجر	سير أنجوس فريزر	ت : عُبادة كُحيلة
٢٥٩ – مختارات من الشعر الأرمنى	نخبة	ت : ڤاروچان كازانچيان
٢٦٠ – موسوعة علم الاجتماع ج٢	جوردون مارشال	ت بإشراف : محمد الجوهرى
٢٦١ – رحلة فى فكر زكى نجيب محمود	زكى نجيب محمود	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٢٦٢ – مدينة المعجزات	إدوارد مندوثا	ت : محمد أبو العطا عبد الرؤوف
٢٦٣ – الكشف عن حافة الزمن	چون جريين	ت : على يوسف على
٢٦٤ – إبداعات شعرية مترجمة	هوراس / شلى	ت : لويس عوض
٢٦٥ – روايات مترجمة	أوسكار وايلد وصموئيل جونسون	ت : لويس عوض
٢٦٦ – مدير المدرسة	جلال آل أحمد	ت : عادل عبد المنعم سويلم
٢٦٧ – فن الرواية	ميلان كونديرا	ت : بدر الدين عرودكى
٢٦٨ – ديوان شمس تبريزى ج٢	جلال الدين الرومى	ت : إبراهيم الدسوقى شتا
٢٦٩ – وسط الجزيرة العربية وشرقها ج١	وليم چيفور بالجريف	ت : صبرى محمد حسن
٢٧٠ – وسط الجزيرة العربية وشرقها ج٢	وليم چيفور بالجريف	ت : صبرى محمد حسن
٢٧١ – الحضارة الغربية	توماس سى . باترسون	ت : شوقى جلال
٢٧٢ – الأديرة الأثرية فى مصر	س. س. والترز	ت : إبراهيم سلامة
٢٧٣ – الاستعمار والثورة فى الشرق الأوسط	جوان أر. لوك	ت : عنان الشهاوى
٢٧٤ – السيدة بربارا	رومولو جلاجوس	ت : محمود على مكى
٢٧٥ – ت. س. إليوت شاعراً وناقداً وكاتباً مسرحياً	أقلام مختلفة	ت : ماهر شفيق فريد
٢٧٦ – فنون السينما	فرانك جوتيران	ت : عبد القادر التلمسانى
٢٧٧ – الچينات : الصراع من أجل الحياة	بريان فورد	ت : أحمد فوزى
٢٧٨ – البدايات	إسحق عظيموف	ت : ظريف عبد الله
٢٧٩ – الحرب الباردة الثقافية	فرانسيس ستونر سوندرز	ت : طلعت الشايب
٢٨٠ – من الأدب الهندى الحديث والمعاصر	بريم شند وآخرون	ت : سمير عبد الحميد
٢٨١ – الفردوس الأعلى	مولانا عبد الحليم شرر الكهنوى	ت : جلال الحفناوى
٢٨٢ – طبيعة العلم غير الطبيعية	لويس ولبيرت	ت : سمير حنا صادق
٢٨٣ – السهل يحترق	خوان رولفو	ت : على البمبى
٢٨٤ – هرقل مجنوناً	يوريبيدس	ت : أحمد عتمان
٢٨٥ – رحلة الخواجة حسن نظامى	حسن نظامى	ت : سمير عبد الحميد
٢٨٦ – سياحت نامه إبراهيم بك ج٣	زين العابدين المراغى	ت : محمود سلامة علاوى
٢٨٧ – الثقافة والعولمة والنظام العالمى	أنتونى كينج	ت : محمد يحيى وآخرون
٢٨٨ – الفن الروائى	ديفيد لودچ	ت : ماهر البطوطى
٢٨٩ – ديوان منجوهرى الدامغانى	أبو نجم أحمد بن قوص	ت : محمد نور الدين
٢٩٠ – علم اللغة والترجمة	جورج مونان	ت : أحمد زكريا إبراهيم
٢٩١ – المسرح الإسبانى فى القرن العشرين ج١	فرانشسكو رويس رامون	ت : السيد عبد الظاهر
٢٩٢ – المسرح الإسبانى فى القرن العشرين ج٢	فرانشسكو رويس رامون	ت : السيد عبد الظاهر

٢٩٣ – مقدمة للأدب العربى	روجر آلان	ت : نخبة من المترجمين
٢٩٤ – فن الشعر	بوالو	ت : رجاء ياقوت صالح
٢٩٥ – سلطان الأسطورة	جوزيف كامبل	ت : بدر الدين حب الله الديب
٢٩٦ – مكبث	وليم شكسبير	ت : محمد مصطفى بدوى
٢٩٧ – فن النحو بين اليونانية والسوريانية	ديونيسيوس ثراكس – يوسف الأهوانى	ت : ماجدة محمد أنور
٢٩٨ – مأساة العبيد	أبو بكر تفاوابليوه	ت : مصطفى حجازى السيد
٢٩٩ – ثورة التكنولوجيا الحيوية	جين ل. ماركس	ت : هاشم أحمد فؤاد
٣٠٠ – أسطورة بروميثيوس مج١	لويس عوض	ت : جمال الجزيرى وبهاء چاهين
٣٠١ – أسطورة بروميثيوس مج٢	لويس عوض	ت : جمال الجزيرى ومحمد الجندى
٣٠٢ – فنجنشتين	جون هيتون وجودى جروفز	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٣ – بــوذا	جين هوب وبورن فان لون	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٤ – ماركس	ريــوس	ت : إمام عبد الفتاح إمام
٣٠٥ – الجلد	كروزيو مالابارته	ت : صلاح عبد الصبور
٣٠٦ – الحماسة – النقد الكانطى للتاريخ	چان – فرانسوا ليوتار	ت : نبيل سعد
٣٠٧ – الشعور	ديفيد بابينو	ت : محمود محمد أحمد
٣٠٨ – علم الوراثة	ستيف جونز	ت : ممدوح عبد المنعم أحمد
٣٠٩ – الذهن والمخ	انجوس چيلاتى	ت : جمال الجزيرى
٣١٠ – يونج	ناجى هيد	ت : محيى الدين محمد حسن
٣١١ – مقال فى المنهج الفلسفى	كولنجوود	ت : فاطمة إسماعيل
٣١٢ – روح الشعب الأسود	وليم دى بويز	ت : أسعد حليم
٣١٣ – أمثال فلسطينية	خايير بيان	ت : عبد الله الجعيدى
٣١٤ – الفن كعدم	جينس مينيك	ت : هويدا السباعى
٣١٥ – جرامشى فى العالم العربى	ميشيل بروندينو	ت :كاميليا صبحى
٣١٦ – محاكمة سقراط	أ. ف. ستون	ت : نسيم مجلى
٣١٧ – بلا غد	شير لايموفا – زنيكين	ت : أشرف الصباغ
٣١٨ – الأدب الروسى فى السنوات العشر الأخيرة	نخبة	ت : أشرف الصباغ
٣١٩ – صور دريدا	جايتر ياسبيفاك وكرستوفر نوريس	ت : حسام نايل
٣٢٠ – لمعة السراج لحضرة التاج	مؤلف مجهول	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٢١ – تاريخ إسبانيا الإسلامية (مج ٢، ج١)	ليفى برو فنسال	ت : نخبة من المترجمين
٣٢٢ – وجهات نظر حديثة فى تاريخ الفن الغربى	دبليو. إيوجين كلينباور	ت : خالد مفلح حمزة
٣٢٣ – فن الساتورا	تراث يونانى قديم	ت : هانم سليمان
٣٢٤ – اللعب بالنار	أشرف أسدى	ت : محمود سلامة علاوى
٣٢٥ – عالم الآثار	فيليب بوسان	ت : كرستين يوسف
٣٢٦ – المعرفة والمصلحة	جورجين هابرماس	ت : حسن صقر
٣٢٧ – مختارات شعرية مترجمة	نخبة	ت : توفيق على منصور
٣٢٨ – يوسف وزليخة	نور الدين عبد الرحمن بن أحمد	ت : عبد العزيز بقوش
٣٢٩ – رسائل عيد الميلاد	تد هيوز	ت : محمد عيد إبراهيم

٢٣٠ – كل شيء عن التمثيل الصامت	مارفن شبرد	ت : سامي صلاح
٢٣١ – عندما جاء السردين	ستيفن جراي	ت : سامية دياب
٢٣٢ – رحلة شهر العسل وقصص أخرى	نخبة	ت : علي إبراهيم علي منوفي
٢٣٣ – الإسلام في بريطانيا	نبيل مطر	ت : بكر عباس
٢٣٤ – لقطات من المستقبل	آرثر س. كلارك	ت : مصطفى فهمي
٢٣٥ – عصر الشك	ناتالي ساروت	ت : فتحي العشري
٢٣٦ – متون الأهرام	نصوص قديمة	ت : حسن صابر
٢٣٧ – فلسفة الولاء	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصاري
٢٣٨ – نظرات حائرة وقصص أخرى من الهند	نخبة	ت : جلال السعيد الحفناوي
٢٣٩ – تاريخ الأدب في إيران جـ٣	علي أصغر حكمت	ت : محمد علاء الدين منصور
٢٤٠ – اضطراب في الشرق الأوسط	بيرش بيربيروجلو	ت : فخري لبيب
٢٤١ – قصائد من رلكه	راينر ماريا رلكه	ت : حسن حلمي
٢٤٢ – سلامان وأبسال	نور الدين عبد الرحمن بن أحمد	ت : عبد العزيز بقوش
٢٤٣ – العالم البرجوازي الزائل	نادين جورديمر	ت : سمير عبد ربه
٢٤٤ – الموت في الشمس	بيتر بلانجوه	ت : سمير عبد ربه
٢٤٥ – الركض خلف الزمن	بونه ندائي	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٢٤٦ – سحر مصر	رشاد رشدي	ت : جمال الجزيري
٢٤٧ – الصبية الطائشون	جان كوكتو	ت : بكر الحلو
٢٤٨ – المتصوفة الأولون في الأدب التركي جـ١	محمد فؤاد كوبريلي	ت : عبد الله أحمد إبراهيم
٢٤٩ – دليل القارئ إلى الثقافة الجادة	آرثر والدرون وآخرين	ت : أحمد عمر شاهين
٢٥٠ – بانوراما الحياة السياحية	أقلام مختلفة	ت : عطية شحاتة
٢٥١ – مبادئ المنطق	جوزايا رويس	ت : أحمد الأنصاري
٢٥٢ – قصائد من كفافيس	قسطنطين كفافيس	ت : نعيم عطية
٢٥٣ – الفن الإسلامي في الأندلس (هندسية)	باسيليو بابون مالدونالد	ت : علي إبراهيم علي منوفي
٢٥٤ – الفن الإسلامي في الأندلس (نباتية)	باسيليو بابون مالدونالد	ت : علي إبراهيم علي منوفي
٢٥٥ – التيارات السياسية في إيران	حجت مرتضى	ت : محمود سلامة علاوي
٢٥٦ – الميراث المر	بول سالم	ت : بدر الرفاعي
٢٥٧ – متون هيرميس	نصوص قديمة	ت : عمر الفاروق عمر
٢٥٨ – أمثال الهوسا العامية	نخبة	ت : مصطفى حجازي السيد
٢٥٩ – محاورات بارمنيدس	أفلاطون	ت : حبيب الشاروني
٢٦٠ – أنثروبولوجيا اللغة	أندريه جاكوب ونويلا باركان	ت : ليلى الشربيني
٢٦١ – التصحر : التهديد والمجابهة	آلان جرينجر	ت : عاطف معتمد وآمال شاور
٢٦٢ – تلميذ بابنبرج	هاينرش شبورال	ت : سيد أحمد فتح الله
٢٦٣ – حركات التحرر الأفريقي	ريتشارد جيبسون	ت : صبري محمد حسن
٢٦٤ – حداثة شكسبير	إسماعيل سراج الدين	ت : نجلاء أبو عجاج
٢٦٥ – سأم باريس	شارل بودلير	ت : محمد أحمد حمد
٢٦٦ – نساء يركضن مع الذئاب	كلاريسا بنكولا	ت : مصطفى محمود محمد

٣٦٧ – القلم الجرىء	نخبة	ت : البرّاق عبد الهادى رضا
٣٦٨ – المصطلح السردى	جيرالد برنس	ت : عابد خزندار
٣٦٩ – المرأة فى أدب نجيب محفوظ	فوزية العشماوى	ت : فوزية العشماوى
٣٧٠ – الفن والحياة فى مصر الفرعونية	كليرلا لويت	ت : فاطمة عبد الله محمود
٣٧١ – المتصوفة الأولون فى الأدب التركى جـ٢	محمد فؤاد كوبريلى	ت : عبد الله أحمد إبراهيم
٣٧٢ – عاش الشباب	وانغ مينغ	ت : وحيد السعيد عبد الحميد
٣٧٣ – كيف تعد رسالة دكتوراه	أمبرتو إيكو	ت : على إبراهيم على منوفى
٣٧٤ – اليوم السادس	أندريه شديد	ت : حمادة إبراهيم
٣٧٥ – الخلود	ميلان كونديرا	ت : خالد أبو اليزيد
٣٧٦ – الغضب وأحلام السنين	نخبة	ت : إدوار الخراط
٣٧٧ – تاريخ الأدب فى إيران جـ٤	على أصغر حكمت	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٧٨ – المسافر	محمد إقبال	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٣٧٩ – ملك فى الحديقة	سنيل باث	ت : جمال عبد الرحمن
٣٨٠ – حديث عن الخسارة	جونتر جراس	ت : شيرين عبد السلام
٣٨١ – أساسيات اللغة	ر. ل. تراسك	ت : رانيا إبراهيم يوسف
٣٨٢ – تاريخ طبرستان	بهاء الدين محمد إسفنديار	ت : أحمد محمد نادى
٣٨٣ – هدية الحجاز	محمد إقبال	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٣٨٤ – القصص التى يحكيها الأطفال	سوزان إنجيل	ت : إيزابيل كمال
٣٨٥ – مشترى العشق	محمد على بهزادراد	ت : يوسف عبد الفتاح فرج
٣٨٦ – دفاعًا عن التاريخ الأدبى النسوى	جانيت تود	ت : ريهام حسين إبراهيم
٣٨٧ – أغنيات وسوناتات	چون دن	ت : بهاء چاهين
٣٨٨ – مواعظ سعدى الشيرازى	سعدى الشيرازى	ت : محمد علاء الدين منصور
٣٨٩ – من الأدب الباكستاني المعاصر	نخبة	ت : سمير عبد الحميد إبراهيم
٣٩٠ – الأرشيفات والمدن الكبرى	نخبة	ت : عثمان مصطفى عثمان
٣٩١ – الحافلة الليلكية	مايف بينشى	ت : منى الدروبى
٣٩٢ – مقامات ورسائل أندلسية	فرناندو دى لاجرانخا	ت : عبد اللطيف عبد الحليم
٣٩٣ – فى قلب الشرق	ندوة لويس ماسينيون	ت : زينب محمود الخضيرى
٣٩٤ – القوى الأربع الأساسية فى الكون	بول ديفيز	ت : هاشم أحمد محمد
٣٩٥ – آلام سياوش	إسماعيل فصيح	ت : سليم حمدان
٣٩٦ – السافاك	تقى نجارى راد	ت :محمود سلامة علاوى
٣٩٧ – نيتشه	لورانس جين	ت :إمام عبد الفتاح إمام
٣٩٨ – سارتر	فيليب تودى	ت :إمام عبد الفتاح إمام
٣٩٩ – كامى	ديفيد ميروفتس	ت :إمام عبد الفتاح إمام
٤٠٠ – مومو	مشيائيل إنده	ت : باهر الجوهرى
٤٠١ – الرياضيات	زيادون ساردر	ت : ممدوح عبد المنعم
٤٠٢ – هوكنج	ج . ب . ماك ايفوى	ت : ممدوح عبد المنعم

طبع بالهيئة العامة لشئون المطابع الأميرية

رقم الإيداع ١٠٣١١ / ٢٠٠٣



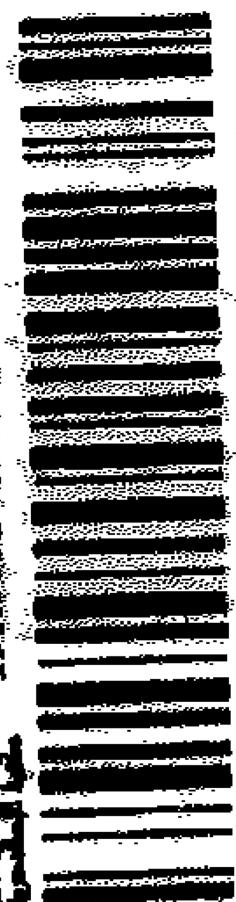
المشروع القومي للترجمة

Introducing Stephen Hawking



J. P. McEvoy
& Oscar Zarate

أقدم لك ... هذه السلسلة !



ستيفن هو